IMPERIAL MYCOLOGICAL INSTITUTE
S. 1. 34

Tome VIII 1931

ANNALES

DU

SERVICE BOTANIQUE

ET AGRONOMIQUE

DE LA DIRECTION GÉNÉRALE

DE L'AGRICULTURE, DU COMMERCE ET DE LA COLONISATION

DE TUNISIE

TUNIS

SOCIÉTÉ ANONYME DE L'IMPRIMERIE RAPIDE DE TUNIS

5, rue Saint-Charles

1932

LE BLÉ EN TUNISIE

PAR

F. BŒUF

Chef du Service Botanique et Agronomique
de la Direction Générale de l'Agriculture, du Commerce et de la Colonisation
de Tunisie

rait beaucoup plus grande que ne l'avaient laissé présumer les premières lois formulées. Les espèces se montrent plus riches de formes, douées d'une variabilité plus étendue que ne l'avait révélé leur simple observation dans la Nature.

*Le Blé est, parmi les plantes cultivées, l'une des plus polymorphes. Il faudra encore ajouter beaucoup de matériaux à ceux qui résultent déjà de son étude pour que l'on puisse, un jour, en exposer la génétique complète. « Quand on connaîtra la génétique du Blé aussi bien que celle de l'*Antirrhinum majus, *nous disait le Professeur* BAUR *en nous montrant, à Berlin, en 1927, les innombrables formes qu'il a su tirer de cette espèce, le perfectionnement du Blé pourra se poursuivre rapidement, sur des bases scientifiques certaines. »*

Nous apportons de petites pierres à l'édifice : les observations recueillies au cours de vingt-cinq années pendant lesquelles nous avons sélectionné et hybridé de nombreuses variétés de Blé, indigènes ou importées. Nous n'avons pu que classer ces résultats parmi ceux que nous ont fait connaître nos lectures et nos voyages, en faisant un résumé synthétique des divers points de vue que comporte l'étude du Blé.

Si la recherche ou la création de variétés de Blé susceptibles d'accroître les rendements de cette culture a été notre objectif pratique, la connaissance aussi étendue que possible de tout ce qui touche à la systématique, à la génétique, à la physiologie de cette plante nous a toujours paru le meilleur guide de nos travaux.

Il est une considération qu'il importe également de ne pas perdre de vue, c'est la grande diversité du milieu offert au Blé, tant par les conditions naturelles de sol et de climat que par les modifications qu'apportent à ce milieu les méthodes de culture; l'Ecologie, ainsi comprise, nous paraît appelée à jouer, dans l'amélioration du Blé, un rôle que l'on ne fait encore que soupçonner.

Le Blé tient, parmi les Céréales, la place la plus importante dans le Nord de l'Afrique; sa production est la véritable dominante des cultures annuelles, les autres lui restent subordonnées. C'est la raison pour laquelle l'amélioration du Blé en Tunisie a été notre première préoccupation.

Commencée en 1907, par la sélection individuelle et la culture pédigrée, elle s'est poursuivie, à partir de 1920, par l'hybridation. Un certain nombre de résultats sont passés dans la pratique culturale et ont eu une importante répercussion sur l'orientation de la production du Blé dans la Régence. Des observations d'ordre scientifique ont été publiées, dans des notes fragmentaires, insérées, pour la plupart, dans le « Bulletin de la Direction générale de l'Agriculture, du Com-

merce et de la Colonisation de Tunisie » ou dans les « Annales du Service Botanique ».

Aucune publication d'ensemble n'ayant été faite depuis la brochure de N. MINANGOIN (1908) *sur la culture des céréales en Tunisie, il nous a paru nécessaire de « faire le point » et de grouper, dans un ouvrage d'ensemble, tous les matériaux, dont un bon nombre inédits, susceptibles d'intéresser les sélectionneurs, ainsi que les directives qui peuvent en résulter pour les producteurs de Blé de l'Afrique du Nord et plus particulièrement de la Tunisie.*

Si l'amélioration du Blé a besoin d'être dirigée par la connaissance scientifique, aussi complète que possible, de tout ce qui se rapporte à ce problème, il n'est pas sans intérêt non plus, pour les cultivateurs de Blé, d'être au courant des principes sur lesquels reposent le perfectionnement de cette plante et la mise au point de leurs méthodes de culture. Nous nous sommes efforcé de leur apporter des renseignements utiles sur le milieu naturel offert au Blé par les différentes régions naturelles de la Tunisie, sur les relations entre ce milieu et le Blé, de préciser l'influence des méthodes culturales sur la physiologie de la plante et la fertilité du sol.

Beaucoup d'agriculteurs ont maintenant une solide instruction scientifique et sont très ouverts au progrès; ils comprennent qu'autant la culture raisonnée est intéressante et rend la vie des champs attrayante, autant les pratiques routinières font cette vie monotone et le travail automatique.

Le présent ouvrage ne pouvait être qu'une œuvre collective; nous devons beaucoup au concours, non seulement des nombreux auteurs que nous avons cités, mais aussi de nos collaborateurs du Service Botanique et des agriculteurs tunisiens, dont nous avons suivi les efforts et qui nous ont fait profiter de leur expérience.

Il est nécessaire que cette féconde collaboration se continue pour l'étude de beaucoup de problèmes que nous n'avons pu que poser, ainsi que pour la mise en pratique et la généralisation des meilleures méthodes s'appliquant à la production du Blé; le progrès agricole résulte de deux ordres de faits : la découverte de nouvelles possibilités *par le travailleur du laboratoire et du champ d'expérience et la* réalisation de ces possibilités *par les agriculteurs eux-mêmes.*

Les circonstances actuelles, en rendant plus âpre que jamais la concurrence mondiale entre les producteurs, crée pour ces derniers l'impérieuse nécessité d'utiliser, sans délai, toutes les améliorations susceptibles d'accroître les rendements et de diminuer les prix de revient.

Nous devons beaucoup de gratitude à M. le Professeur BEAUVÉRIE,

de la Faculté des Sciences de Lyon, qui s'est toujours intéressé à nos travaux et qui a bien voulu agréer le présent travail comme sujet de thèse pour le doctorat ès sciences.

Nous sommes heureux d'exprimer tous nos remerciements à ceux de nos collaborateurs du Service Botanique et Agronomique qui nous ont plus particulièrement assisté dans notre tâche : MM. PETIT, SÉGUÉLA, YANKOVITCH, MONTLAUR, ROUFFIE *et* MATWEEFF. *pour la partie scientifique,* MM. GUILLOCHON *et* GÉRY *pour la partie culturale, M. le Professeur* MIRONOV, *bibliothécaire-traducteur au Service, à qui nous sommes redevable d'avoir pu utiliser, dans leur texte, un grand nombre de travaux en langues étrangères.*

Enfin, les encouragements et le concours financier de la Direction générale de l'Agriculture, du Commerce et de la Colonisation, ainsi que de l'Office de l'Expérimentation et de la Vulgarisation agricoles de la Régence, présidé par M. DELORME, *nous ont beaucoup aidé à la publication de cet ouvrage et à son illustration. Nous leur en sommes profondément reconnaissant.*

Pour constituer une monographie complète du Blé en Tunisie, le présent travail, qui comprend l'étude de la plante et du milieu physico-chimique, sera complété par un second volume consacré au milieu animé (plantes adventices, parasites végétaux et animaux), à l'utilisation industrielle (conservation, valeur meunière et boulangère) et au commerce du Blé (organisation, réglementation, statistique).

Ariana, le 15 mars 1932.

1re Partie — LA PLANTE

I. SYSTÉMATIQUE

CENTRES DE DIVERSITÉ ET D'ORIGINE — DESCRIPTION DES BLÉS CULTIVÉS EN TUNISIE

A. Généralités.

B. Systématique :

1. Affinités du genre *Triticum*. — 2. Espèces et groupes d'espèces. — 3. Variétés botaniques. Races.

C. Centres de diversité et d'origine :

4. Diversité des Blés durs. Centre d'origine. — 5. Dispersion des Blés tendres.

D. Blés cultivés en Tunisie :

6. Espèces. Variétés. Lignées. — 7. Blés durs. — 8. Blés tendres.

Les travaux relatifs à la systématique du genre *Triticum*, à l'origine et à la parenté des espèces de Blé, à leur cytologie, à leur analyse mendélienne, au comportement des hybrides intra et interspécifiques, sont extrêmement nombreux.

Une analyse quelque peu détaillée et une bibliographie complète seraient hors de proportion avec le cadre de ce travail et ne feraient que reproduire les données que le lecteur trouvera dans l'ouvrage fondamental de Percival (1921) sur le Blé et dans trois Revues plus récentes des travaux de génétique sur le genre *Triticum* et les genres voisins, publiées par Kajanus (1927), Bleier (1928) et Watkins (1930).

Il est toutefois essentiel, pour tous ceux qu'intéressent les méthodes d'amélioration du Blé, d'être au courant des faits les plus importants révélés par les expérimentateurs et des explications, souvent encore hypothétiques, parfois contradictoires, qui en ont été données.

Nous nous bornerons à rappeler les résultats paraissant les mieux

établis, surtout pour ce qui concerne les espèces objets de nos propres études : Blé dur (*T. durum* Desf.), Blé poulard (*T. turgidum* L.), Blé persan (*T. persicum* Vav.), Blé pyramidal (*T. pyramidale* Perciv.), Blé tendre (*T. vulgare* Host.), Blé à grain sphérique (*T. sphoerococcum* Perciv.), et à classer nos observations personnelles dans le cadre des travaux d'ensemble cités plus haut.

A. GENERALITES

Quand on isole la descendance d'un pied initial de Blé pendant plusieurs générations, en la préservant de tout mélange et de toute intervention d'un pollen étranger dans la fécondation, deux cas peuvent se produire :

a) les individus obtenus, à quelque génération qu'ils appartiennent, sont tous semblables, ne présentent d'autres caractères distinctifs que des degrés dans la taille ou le nombre d'organes (effets temporaires du milieu de culture), cette ressemblance étant telle qu'il est impossible de subdiviser l'ensemble en groupes distincts et qu'on l'appelle une *lignée pure;*

b) la population est hétérogène, constituée par un mélange de types végétaux différents, et il est possible de les classer dans des groupes distincts.

L'étude expérimentale de ces deux comportements différents dans la multiplication, par autofécondation, d'un pied initial, a permis de conclure que : dans le premier cas, le pied-mère est pur, *homozygote*, issu d'un œuf résultant de la fusion de deux gamètes ou zygotes semblables, ayant la même constitution génétique; dans le deuxième cas, le pied était *hétérozygote*, provenant d'un œuf dû à la fusion de deux zygotes différents quant à leur constitution génétique, ce qui témoigne d'une origine hybride plus ou moins rapprochée ou ancienne.

Les travaux de Mendel, de Naudin et de leurs nombreux continuateurs, portant sur la statistique des combinaisons des caractères de géniteurs (plantes ou animaux) de variétés différentes de la même espèce ou d'espèces différentes, ont montré que les caractères morphologiques ou physiologiques des organismes étaient sous la dépendance de *facteurs* transmis par les cellules germinales et se comportant comme des unités héréditaires.

La plupart des caractères variétaux (p. ex. barbes et pubescence des épis, couleur des glumes et du grain, chez le Blé) se présentent sous deux ou plusieurs états qui servent précisément à établir la diagnose des variétés (p. ex. état mutique, partiellement aristé ou barbu, des glumes; état pubescent ou glabre des glumes; couleur blanche, plus ou moins rousse ou violacée, des grains chez le Blé,

etc.). Ces états différents, ou *allélomorphes*, des caractères variétaux ont même valeur génétique; ils s'excluent ou se masquent l'un l'autre, s'héritent séparément, parce que chaque caractère est représenté par un seul de ses états dans les gamètes sexuels (hypothèse de la ségrégation, formulée à la même époque (1863-1865) par NAUDIN et MENDEL, redécouverte, en 1900, par DE VRIES, CORRENS et TSCHERMAK.

Les travaux de MORGAN et de son école, ceux de nombreux cytologistes ont amené leurs auteurs à placer dans les chromosomes nucléaires les représentants matériels des facteurs, auxquels on a donné le nom de *gènes*, à établir la répartition des gènes entre les différents chromosomes et, pour certaines espèces particulièrement bien étudiées, la topographie relative des gènes dans chaque chromosome.

Un gène n'est toutefois pas considéré comme une particule matérielle dont le développement, à partir de l'œuf, donne une partie déterminée de l'organisme (conception des particules représentatives de WEISMANN), mais comme une fraction de chromosome dont la présence affecte le développement de l'organisme de manière à faire apparaître telle particularité ou caractère. Plusieurs gènes peuvent concourir à la manifestation d'un caractère; un seul gène peut influencer la manifestation de plusieurs caractères.

L'hypothèse de la transmission chromosomique héréditaire des caractères des organismes a reçu de nombreuses vérifications cytologiques dans les cas de croisements de variétés et d'hybridations interspécifiques. Elle a permis de rendre compte de la liaison, ou *linkage*, de certains caractères compris dans le même chromosome; d'expliquer des combinaisons particulières de caractères, par échange de gènes entre les chromosomes, au moment où ils s'apparient pendant les divisions réductionnelles qui précèdent la formation des gamètes, ou *crossing over;* d'expliquer les variations héréditaires, ou *mutations*, spontanées ou provoquées par des modifications apportées soit aux gènes, soit aux chromosomes.

L'étude cytologique de nombreux organismes a permis de constater un lien étroit entre les caractères d'espèces ou de groupes d'espèces et le nombre de chromosomes nucléaires. La systématique a gagné en précision en faisant intervenir la constitution des noyaux cellulaires; la phylogénie y trouve une base sérieuse pour établir la filiation des espèces, et les mutations expérimentales obtenues à la suite de modifications du nombre des chromosomes (*polyploïdie* ou *hétéroploïdie*) préparent, dans une certaine mesure tout au moins, la compréhension de l'évolution générale des organismes.

Cette évolution des études génétiques est magistralement exposée dans trois ouvrages récents du Professeur GUYENOT (1930-31) auxquels nous renvoyons le lecteur.

Quelle que soit la part d'hypothèse qui subsiste encore dans la théorie chromosomique de l'hérédité, quel que soit l'excès d'imagination que l'on puisse reprocher à l'explication de certains faits révélés par l'observation ou l'expérience, il n'en est pas moins vrai que tout généticien doit maintenant faire l'étude cytologique des résultats qu'il obtient et que les méthodes d'amélioration des plantes cultivées sont appelées à s'enrichir de nouveaux procédés basés sur une action directe portant sur la constitution des noyaux cellulaires.

B. SYSTEMATIQUE

1. Affinités du genre Triticum

Le genre *Triticum* est voisin des genres *Secale* (Seigle) et *Aegilops*. Le Blé s'hybride facilement et spontanément avec le Seigle. Nous avons observé de nombreux hybrides de cette nature dans la bordure de Seigle qui entoure notre champ d'expériences. Certains sont stériles, d'autres sont fertiles, au moins partiellement.

Le Blé a pu être hybridé (Strampelli, Tschermak) avec *Secale villosum* L., encore appelé *Triticum villosum* M. B., ou *Agropyron villosum*, dont nous avons constaté l'abondance comme mauvaise herbe dans les cultures de céréales en Italie, qui a été signalé en Algérie (Flore de Trabut et Battandier) sous le nom de *Haynaldia villosa* L.), mais que nous n'avons jamais rencontré en Tunisie.

Le genre *Aegilops* accompagne presque toujours le genre *Triticum*, dans les cultures ou à leur voisinage. D'après Vavilov (1926), ce groupe très polymorphe de graminées présente des centres de distribution correspondant à ceux des Blés qu'ils accompagnent. *Ae. cylindrica*, *Ae. squarrosa*, *Ae. crassa*, par leur susceptibilité aux maladies cryptogamiques et leur paille creuse, correspondent aux Blés tendres; *Ae. ovata*, *Ae. truncialis*, par leur immunité ou leur résistance et leur paille solide, correspondent aux Blés durs. Nous avons gardé le souvenir d'une excursion effectuée en Tunisie, en 1925, en compagnie de Vavilov, au cours de laquelle ce savant nous montra, dans les cultures indigènes de Blé des régions montagneuses, cette curieuse association.

Les espèces de la première série sont fécondées facilement par les Blés tendres; on trouve au Turkestan un grand nombre d'hybrides naturels généralement stériles (Popova, 1923).

De nombreuses hybridations artificielles ont été réalisées entre *Ae. cylindrica* Host. et *T. vulgare*, *T. spelta*, entre *Ae. ovata* et *T. durum*, *T. dicoccum*, *T. dicoccoides*, *T. polonicum*, *T. monococcum* (Sax, Bleier, Percival, Kagawa, etc.), avec étude cytologique des hybrides. Nous verrons plus loin qu'elles n'ont pas encore permis d'élucider le

rôle que de semblables hybridations naturelles ont pu jouer dans la formation des espèces de Blé.

Un trihybride (*Ae.* × *T.*) F^1 × *Secale cereale* a pu être obtenu (Leighty et Sando, 1927).

2. Espèces et groupes d'espèces

Des milliers de formes de Blé ont été décrites; il en reste certainement peu de nouvelles à découvrir. Malgré le grand polymorphisme du genre et l'aire immense qu'il occupe, *Triticum* représente un des cas les mieux étudiés au point de vue systématique et dont la classification actuelle, obtenue par plusieurs méthodes très différentes, basée sur des résultats concordants, a les plus grandes chances d'être une classification naturelle et définitive.

La séparation des espèces linnéennes : d'après les caractères morphologiques (Seringe 1842, Körnicke 1885, Flaksberger 1915, Percival 1921, pour ne citer que les travaux les plus complets); d'après la résistance à quelques champignons parasites (*Puccinia*, *Erysiphe*) (Vavilov 1914); en utilisant la méthode sérologique (Zade 1914); en tenant compte du degré de stérilité après hybridation (Tschermak 1914, Sax 1921); enfin, d'après la cytologie des types purs et des hybrides (Sax 1918, Kihara 1919-1921), en se limitant aux premières déterminations correctes, permet :

1° de ranger les Blés dans trois grands groupes, génétiquement et physiologiquement distincts, dont l'existence correspond à la réalité des faits et dont la reconnaissance n'a rien de conventionnel; ils ont respectivement 14-28-42 chromosomes (nombres diploïdes);

2° de diviser chacun des groupes en espèces (ou sous-espèces) ne possédant pas généralement de caractères absolument propres à chacune d'elles et absents chez les autres, mais néanmoins distinctes par le mode d'association des caractères, la fréquence et l'amplitude de la variation des caractères autour d'un type moyen.

Les groupes, tels qu'ils sont admis actuellement par tous les auteurs, sont les suivants :

Groupe I (14 chromosomes) Blés à un grain (Einkorn)	Groupe II (28 chromosomes) Amidonniers ou durs (Emmer)	Groupe III (42 chromosomes) Froments ou tendres (Spelta)
T. aegilopoides Bal.	*T. dicoccoides* Körn.	*T. spelta* L.
T. monoccum L.	*T. timopheevi* Zhuk.	*T. vulgare* Host.
	T. dicoccum Schübl.	*T. compactum* Host.
	T. persicum Vav.	*T. sphaerococcum* Perciv.
	T. orientale Perciv.	
	T. durum Desf.	
	T. polonicum L.	
	T. turgidum **L.**	
	T. pyramidale **Perciv.**	

Kajanus (1927) considère les trois groupes comme les véritables espèces et les dénomme :

I. *T. monococcum* L. s. ampl. Epi avec épillet terminal avorté. Glume fortement carénée avec dent latérale pointue, 2 n = 14 chromosomes.

II. *T. acuminatum* Kaj. Epi avec épillet terminal bien formé. Glume fortement carénée avec dent latérale obtuse ou sans dent, 2 n = 28 chromosomes.

III. *T. obtusatum* Kaj. Epi avec épillet terminal bien formé. Glume généralement faiblement carénée et souvent sans dent latérale, 2 n = 42 chromosomes.

Il ne semble pas qu'il y ait lieu de refuser le rang d'espèces aux subdivisions de ces groupes admises par tous les classificateurs.

Le premier groupe apparaît comme le plus primitif; il est cependant le moins diversifié. Les formes, peu nombreuses, qu'il renferme ont toutes la glumelle interne (palea) fendue, le rachis fragile par rupture spontanée juste *au-dessus* de chaque épillet, caractère commun avec *T. dicoccoides* et *T. dicoccum;* les épillets sont biflores, mais ne nouent généralement qu'un grain, sauf dans l'Engrain double, variété du *T. monococcum*; le grain est petit. Ce groupe a donc des transitions avec le deuxième, mais il s'en distingue facilement par l'aspect général : paille fine, épi étroit, aplati, glume très carénée, étroite, résistance presque absolue aux maladies. Les deux espèces sont facilement reconnaissables.

Le deuxième groupe présente une grande diversité de formes (huit espèces et des centaines de variétés). Il se distingue du premier groupe par des caractères nouveaux qui ne sont cependant pas communs à toutes les formes : rachis solide, glume foliacée du *polonicum*, glume parfois incomplètement carénée, épillet multiflore, grain nu, de gros volume, paille solide, feuilles larges. Il est beaucoup plus difficile de le séparer, morphologiquement, du troisième groupe. Il offre encore une bonne résistance aux *Puccinia* et à l'*Erysiphe*.

Le troisième groupe est, de l'avis unanime des systématiciens, le plus polymorphe; on y rattache des milliers de formes réparties dans quatre espèces. Des caractères nouveaux apparaissent : absence de moelle dans la tige, rachis fragile se désarticulant juste *au-dessous* de chaque épillet (*Spelta*); glumes mutiques, totalement dépourvues de barbes et même de pointe fine (cas d'ailleurs assez rare, la plupart des blés dits mutiques étant plus ou moins acuminés); grain complètement tendre, à structure farineuse.

En dehors du nombre de chromosomes et d'un arrangement diffé-

rent des poils de la feuille, signalé par Percival (1921), il n'existe aucun caractère permettant de distinguer le troisième groupe du deuxième. Il est cependant assez facile de classer, sans erreur, les Blés dans l'un ou l'autre de ces groupes, d'après leur aspect général résultant de l'ensemble des caractères. Les Blés du troisième groupe sont, en général, les plus sensibles aux maladies cryptogamiques.

Les Blés des deuxième et troisième groupes appartiennent à deux types très voisins au point de vue de leur organisation fondamentale et de la variabilité de leurs caractères. C'est d'ailleurs l'étude du Blé qui a fourni à Vavilov (1922[b]) les premiers résultats qui lui ont servi à établir la « *loi des séries homologues de variations* ». Les caractères comme couleur des épis et du grain, présence ou absence des barbes et de la pubescence, présence ou absence de la ligule, paille pleine ou creuse, rachis solide ou fragile, etc., se présentent avec les mêmes allélomorphes chez plusieurs espèces apparentées, chez plusieurs groupes d'espèces, et même chez des genres voisins, comme *Triticum* et *Secale*.

Les différences entre les deuxième et troisième groupes doivent être surtout recherchées dans l'association des caractères et dans les fréquences ou l'amplitude des variations de chacun d'eux. Pour certains caractères, les séries de variations sont superposables : pubescence, couleur des glumes et du grain, etc. Pour d'autres, les séries de variations ne sont pas superposables et peuvent servir à différencier les groupes; nous citerons quelques-uns de ces caractères.

La densité des épis, très variable dans les deux groupes, présente cependant, dans certains *vulgare* et *spelta* du troisième groupe, des valeurs très faibles que l'on ne rencontre pas dans les formes du deuxième groupe, bien que *persicum* ait aussi des épis assez lâches; les très fortes densités de *sphoerococcum* et de *compactum* n'existent pas non plus dans le deuxième groupe, dans lequel *durum* et *pyramidale* ont toutefois des formes très denses.

La dureté du grain présente de nombreux degrés qui se traduisent par l'aspect translucide ou opaque, une cassure cornée ou farineuse. Dans le deuxième groupe, toutes les espèces sont susceptibles de donner des grains durs, vitreux, lorsqu'ils mûrissent dans les régions chaudes et sèches; l'état farineux que présentent assez fréquemment les *turgidum*, *pyramidale* et même *durum* doit être considéré comme accidentel et résultant d'une maturation dans des conditions anormales (excès d'humidité). Certaines variétés du troisième groupe ont des grains durs dans les régions sèches, mais ils ne sont jamais complètement vitreux; beaucoup de formes gardent dans toutes les conditions des grains complètement farineux qu'on ne trouve pas dans le deuxième groupe.

Watkins (1930) étudie avec détail les trois caractères : structure de la paille (pleine ou creuse), résistance aux maladies et forme de la glume.

Après avoir rappelé les faits signalés par Percival (1921), Vavilov (1922[a]), Orlov (1922) concernant *la structure de la paille*, il conclut : « Quoiqu'une étude exacte de ce caractère fasse défaut, on peut être sûr :

« 1° que la paille complètement pleine ne se trouve que dans le deuxième groupe;

« 2° que la paille creuse caractérise la plupart des formes du troisième groupe et est rare, peut-être inexistante, dans le deuxième;

« 3° que, si même la paille est partiellement pleine chez une forme du troisième groupe, la moelle n'y est pas distribuée de la même façon (entre-nœud du sommet plein à la base et creux au sommet, l'inverse dans le deuxième groupe). La série des variations dans les deux groupes est différente, et des différences plus essentielles peuvent y avoir lieu. »

Nous croyons devoir ajouter qu'il est difficile d'étudier le caractère de la structure de la paille, parce que, même dans une lignée pure, il n'est pas constant d'une plante à l'autre, d'une année à la suivante. Nous avons observé d'assez nombreuses formes de *durum* à paille creuse, exception faite de quelques centimètres sous l'épi et des courts entre-nœuds de la base, et des formes de *vulgare* à paille à peu près complètement pleine. Nous verrons plus loin la corrélation de cette particularité assez rare avec la résistance à la rouille.

Nous avons dit précédemment que Vavilov (1914) avait basé une classification des Blés (et autres plantes) *sur leur résistance aux maladies* et nous avons, suivant ses indications, reproduites par Kajanus (1927) et Watkins (1930), noté le premier groupe comme à peu près indemne des rouilles, le deuxième groupe comme résistant et le troisième comme plus ou moins sensible. « La résistance à *Puccinia glumarum* paraît être un caractère possédant, à peu près, une série égale de variations dans les deux derniers groupes, mais la forte résistance est générale dans le deuxième et la faible résistance, c'est-à-dire la forte susceptibilité, l'est dans le troisième. Quant à *P. graminis*, les lignées biologiques constituent une complication additionnelle; la situation n'est pas probablement trop différente de celle de *glumarum* » (Watkins).

Les nombreuses formes des deux groupes que nous avons cultivées nous ont permis des observations conformes aux conclusions générales rappelées ci-dessus, mais ont fait ressortir un point de vue que nous croyons nouveau : l'importance, sous notre climat, de la durée

de végétation quant à la susceptibilité à *P. glumarum* et à *P. graminis;* les Blés *vulgare* (troisième groupe) sont d'autant plus sujets à *glumarum* et d'autant plus réfractaires à *graminis* qu'ils sont plus précoces, et inversement; les Blés du deuxième groupe sont pour la presque totalité assez tardifs; ils échappent à *glumarum* et sont très atteints par *graminis* s'il survient des pluies à la fin de leur végétation; des formes de *T. pyramidale* (deuxième groupe), assez précoces, se sont montrées très sensibles à *P. glumarum.* Il semble qu'il y ait une corrélation assez étroite entre la durée de la période de végétation et la susceptibilité aux rouilles. Ces conclusions ne sont d'ailleurs vraies que dans la majorité des cas; il existe et l'on obtient par hybridation des *vulgares* précoces et très résistants à la rouille jaune (*glumarum*). Beauverie (1912, 1923[a] et [b], 1924[c] et [d]) a également signalé le rapport des différentes rouilles du Blé avec le climat et l'influence de l'époque de maturation du Blé sur leur développement.

Vavilov (1922[a]) a signalé une autre curieuse corrélation : il dit que la paille pleine, qui ne se trouve que dans un groupe relativement limité de races de Blé tendre, « est généralement accompagnée d'une série d'autres traits, tels que l'immunité contre les champignons parasites ou des particularités de structure des épis ». Nous avons isolé et livré à la culture depuis longtemps une lignée pure de Blé tendre (Richelle 110) d'origine australienne, à paille presque pleine, très résistante aux rouilles, bien que demi-précoce, et à glumes très solides, s'opposant à l'égrenage spontané et rendant même le battage difficile. Ces particularités, assez précieuses sous notre climat, ont pu être transmises à d'autres lignées par hybridation.

La forme de la glume est l'un des caractères qui différencient le mieux le troisième groupe du deuxième, bien qu'il existe des cas intermédiaires. La glume aplatie, large, pourvue d'une carène nettement marquée sur toute sa longueur, appartient au deuxième groupe; très nette dans *dicoccoides*, *dicoccum*, *durum* et chez la plupart des *turgidum*, la carène s'atténue et disparaît même vers la base de la glume dans quelques formes de cette deuxième espèce et de *pyramidale.* Cette atténuation s'accompagne généralement d'un raccourcissement du grain et d'une tendance de ce dernier à prendre la structure farineuse. *T. persicum*, à grain toujours vitreux, a cependant une carène peu accentuée. Le troisième groupe présente, par contre, des cas de carène plus ou moins marquée (*Spelta*), mais la glume est alors plus étroite, veinée de nervures, sans dent secondaire marquée, alors que cette dent ne fait presque jamais défaut dans le deuxième groupe; la glume renflée sans carène est particulière à ce groupe et se rencontre dans la plupart des formes de *vulgare*, *compactum* et *sphoerococcum.*

Dans le deuxième groupe, toutes les formes sont pourvues de barbes

qui prolongent les glumelles. Quelques formes recueillies par Vavilov en Abyssinie ont des barbes très réduites, irrégulières; leur culture ne nous a pas permis de leur reconnaître une origine hybride et il se peut, sans que nous puissions encore l'affirmer, qu'il s'agisse d'une véritable mutation du *durum*. Une étude prolongée pendant plus de dix années des variétés *australe* et *sub-australe* du *durum*, créées par Percival, nous a montré que ces formes, presque mutiques, sont dues à une hybridation spontanée *durum* × *vulgare*, dont nous parlerons plus loin. Malgré la sélection répétée dans de nombreuses lignées, il ne nous a pas été possible d'obtenir une forme vraiment mutique; ces formes légèrement aristées n'ont jamais été stables et ont toujours donné, par disjonction, des formes complètement barbues. Pour nous, le caractère barbu appartient à tout le deuxième groupe, sauf certaines formes d'Abyssinie.

Cette aptitude générale des glumelles à se prolonger par une barbe semble liée à une tendance analogue, mais réduite chez la glume. Dans le deuxième groupe, la glume se termine par une pointe fine, acérée, souvent prolongée par une courte arête dont la longueur varie de 1 millimètre à 1 et même 2 centimètres chez certaines formes. Jamais la pointe de la glume n'est arrondie, mousse, comme cela est très souvent le cas chez les Blés du troisième groupe, même lorsqu'ils sont barbus (constatation déjà faite par Percival, 1921).

La différenciation en groupes ne reconnaît donc qu'un caractère absolu : le nombre de chromosomes; mais cette différence cytologique influe suffisamment sur l'ensemble des caractères morphologiques et physiologiques pour que le classificateur n'utilisant que l'aspect extérieur et le mode de vie affecte chaque forme de Blé à son véritable groupe.

La différenciation des espèces dans chaque groupe ne peut plus s'appuyer sur le nombre de chromosomes, elle n'utilise que les caractères déjà envisagés, dont aucun n'appartient en propre à une espèce déterminée, ce qui fait que les lignes de démarcation entre les espèces ne sont pas toujours bien nettes.

Le premier groupe, à 14 chromosomes, ne contient que deux espèces : *aegilopoides* et *monococcum*, faciles à distinguer. Nous avons cultivé la variété *Tahoudar* de la première espèce et un certain nombre de formes de *monococcum*, sans avoir fait aucune observation qui mérite d'être signalée. Le *T. monococcum* n'est pas cultivé en Algérie ni en Tunisie, mais un peu au Maroc (Miège, 1924[b]) pour son chaume fin et solide servant à confectionner les toitures des habitations (Ducellier, 1930).

Le deuxième groupe, à 28 chromosomes, comprend les neuf espèces citées plus haut. Nous les avons cultivées, sauf *T. orientale*, et, dans

certains cas, nous avons constaté la difficulté d'attribuer certaines formes à une espèce plutôt qu'à l'espèce voisine.

T. dicoccoides Körn. nous a été envoyé de Palestine par Aaronsohn (1909), qui en avait découvert d'importants peuplements à l'état sauvage sur le mont Hermon. Il fut facile de séparer diverses formes, différentes par la couleur de l'épi et des barbes, la largeur des épillets, la longueur du grain. Toutes sont à rachis extrêmement pubescent, fragile, se désarticulant spontanément lorsque l'épi paraît encore assez loin de la maturité complète (il est impossible de conserver un épi entier, ce que nous n'avons observé dans aucune autre espèce du groupe); les barbes sont très développées, épaisses et dures.

Ph. de Vilmorin (1921) a signalé la facilité avec laquelle cette espèce s'hybride spontanément, en France, avec *T. vulgare* et *T. durum* pour donner un grand nombre de formes diverses. Nous l'avons employée, comme père, dans la fécondation de *T. durum* et observé une fertilité parfaite. Watkins (1930) a constaté la même fertilité dans ses expériences de croisements, tandis que Vavilov (1926) a observé une certaine tendance à la stérilité dans ses croisements avec les autres Blés du deuxième groupe.

T. thimopheevi Zhuk., autrefois considéré comme une variété de *T. dicoccoïdes*, a été séparé de ce dernier par Zhukovsky (1928), qui le considère comme une espèce. Nous reproduisons, ci-dessous, la traduction du tableau comparatif des caractères des deux espèces, tel que l'a établi cet auteur. Il nous a été possible de vérifier les différences morphologiques dans nos propres cultures :

T. dicoccoides (Körn.) Schulz.	*T. timopheevi* Zhuk.
1. Les plantes à gaines et à limbes des feuilles glabres.	Les plantes à pubescence épaisse des gaines des feuilles, consistant en poils longs, blancs et durs, à pubescence plus mince aux limbes des feuilles. Ce genre de pubescence est particulier à cette espèce de blé.
2. Les épis lâches, étroits, linéaires, la largeur dépassant un peu l'épaisseur.	Les épis très compacts, larges, pyramidaux, aplatis, la largeur dépassant considérablement l'épaisseur.
3. Les épis le plus souvent glabres, les formes pubescentes étant rares.	On ne connaît que des formes à épis pubescents.
4. L'épi, très fragile à la maturité, se divise facilement en épillets, les segments du rachis à pubescence épaisse, à poils longs, soyeux, adhérents de près.	L'épi fragile à la maturité, mais la division en épillets n'est que faiblement marquée, les segments du rachis pubescents à poils comparativement minces et courts.

5. Les barbes grosses, épaisses à la base, fragiles, très longues, beaucoup plus longues que l'épi.	Les barbes molles (douces ?), minces, courtes, aussi — ou un peu plus — longues que l'épi.
6. Les glumes externes à deux carènes, dont une finit par devenir un appendice en forme d'aile. Les glumes grosses, fortes; entre les pointes, il y a une entaille (sinus).	Les glumes externes à une carène et une nervure convexe : pas d'appendice en forme d'aile; les glumes minces, membraneuses. Pas d'entaille (sinus), absence de la deuxième entaille.
7. Les glumes externes de longueur égale aux glumelles inférieures, ou un peu plus courtes que celles-ci.	Les glumes externes beaucoup plus courtes que les glumelles inférieures.
8. Une espèce croissant à l'état sauvage, particulière à la Palestine, Syrie et une partie de la Mésopotamie.	Une espèce de mauvaise herbe, rarement à l'état sauvage, particulière à la Géorgie.
9. Le nombre de chromosomes haploïdes : 14.	Le nombre de chromosomes haploïdes : 14.

T. dicoccum Schrk. est caractérisé par son rachis fragile (permettant toutefois de garder des épis entiers), ses épillets, généralement à deux grains, vêtus de glumes dures. Vavilov (1926) cite toutefois des amidonniers se battant facilement, en Abyssinie. Cette espèce, dont l'aire de culture diminue devant l'extension de formes moins primitives, est assez facile à distinguer par les caractères ci-dessus, tous les autres caractères (couleur, pubescence, paille, réceptivité aux rouilles) étant variables, ce qui permet la formation d'un assez grand nombre de races.

Nous n'avons pas rencontré de *dicoccum* en Tunisie. Ducellier l'a trouvé quelquefois accidentellement mélangé aux avoines en Algérie et Miège l'a signalé dans les cultures indigènes au Maroc.

T. orientale Perciv. est une espèce peu différente de *T. dicoccum*, dont elle se différencie surtout par des grains très allongés, ses feuilles pubescentes, son rachis solide. Nous ne l'avons pas cultivé.

T. durum Desf. est le plus polymorphe des Blés du deuxième groupe; il a donné un nombre considérable de formes et il s'apparente étroitement au *dicoccum* (formes à glumes caduques), au *turgidum*, dont il a parfois les grains courts et les glumes arrondies. Percival en a détaché *T. pyramidale* et *T. orientale*.

Il se caractérise par son rachis solide, ses épillets à trois grains et parfois plus, ses glumes caduques carénées jusqu'à leur base, son grain dur et vitreux lorsque la maturation est normale, plus court que celui de *polonicum*, plus long que ceux de *turgidum* et de *pyramidale*.

D'après Percival (1921), *T. durum* ne posséderait pas de poils sur la face supérieure des jeunes feuilles, alors que les autres espèces du groupe seraient pourvues de poils courts. Nous nous proposons de vérifier la généralité de cette différence sur la collection importante de Blés durs que nous cultivons. Notre collaborateur Séguéla a constaté l'absence de cils sur les auricules des Blés durs, sauf sur ceux à épi étroit et lâche (type Agili).

La division de *T. durum* en variétés par Orlov (1922) est incomplète, l'auteur n'ayant pas eu connaissance des variétés, à grain très long, qui l'apparentent au *polonicum*, ni de celles à très forte densité qui, aux dires de Vavilov (au cours de notre excursion commune en 1925), mériteraient de constituer une espèce ou une sous-espèce (*durocompactum*).

Certaines races à épillets multiflores, à grain court, que nous avons reçues de Turquie d'Asie sont si voisines de *T. turgidum* que leur classement dans l'une ou l'autre espèce reste arbitraire. Koernicke (1885) écrivait d'ailleurs : « Personnellement, j'ai de nombreuses sortes qui, selon les années, se rapprochent plus de *T. turgidum* ou de *T. durum.* »

Tous les caractères de coloration des épis et des grains, de pubescence des glumes, de structure de la paille, sont très variables et permettent de décrire un grand nombre de formes. La plupart sont tardives, résistantes à *P. glumarum*, assez sensibles à *P. graminis*. L'Asie Mineure possède des formes plus précoces dont nous venons d'entreprendre l'étude.

Quant aux barbes, nous avons dit précédemment qu'il n'a pas été isolé, à notre connaissance, de formes mutiques, mais qu'il en existe à barbes plus ou moins avortées trouvées par Vavilov en Abyssinie. *T. durum* var. *australe* et *sub-australe* Perciv. sont des hybrides instables, de même que les formes décrites par nous (Bœuf, 1925[a]).

T. polonicum L. ne se distingue de *T. durum* que par ses glumes très longues papyracées, parcourues longitudinalement par des nervures saillantes et ses grains très allongés. Il existe quelques formes de cette espèce en mélange avec les cultures indigènes de Blé dur; nous en avons recueilli à glumes plus courtes que le type; Percival (1921) en a signalé une race abyssinienne à glume typique et à grain court; il existe dans le Nord de l'Afrique des races à glumes de *durum* et à grains aussi longs que ceux du *polonicum* (Aouedj de Tunisie, Zéréah du Maroc). Cette espèce s'apparente donc étroitement à *T. durum.*

T. turgidum L. est défini par une paille élevée, des glumes plus courtes que celles de *durum*, un grain également court, bossu, qui reste farineux en Europe, mais devient complètement corné et vitreux

dans le Nord de l'Afrique, quoiqu'il montre plus de tendance au mitadinage que le *durum*. Beaucoup de *turgidum* ont des épillets très fructifères, ce qui donne à l'épi une forme quadrangulaire, tandis que les *durum* ont généralement des épis aplatis parallèlement au profil des épillets. D'après Percival (1921), les feuilles du *T. turgidum* sont absolument couvertes de poils.

T. pyramidale Perciv. a été constitué par Percival pour quelques formes égyptiennes qui ressemblent au *T. turgidum* par leur grain court, très sensible au mitadinage dans le Nord de l'Afrique, mais qui s'en distinguent par une paille courte, un épi dense ou très dense; certaines formes ont une assez grande précocité qui entraîne la réceptivité pour *Puccinia glumarum*. Quelques formes reçues d'Asie Mineure, que nous avons rangées jusqu'à présent dans *T. durum*, se rapprochent beaucoup de *T. pyramidale*, mais présentent une plus faible tendance du grain à rester plus ou moins farineux. Leur grain, allongé, correspond d'ailleurs à celui du *T. durum*.

T. persicum Vav., autrefois classé comme *T. vulgare* var. *fuliginosum* Al., a été élevé au rang d'espèce par Vavilov en raison de son immunité par rapport à *Erysiphe graminis*. Il fut reconnu posséder 28 chromosomes (Zhukovsky, 1923); il ne fut pas retrouvé en Perse (Vavilov), mais en Transcaucasie centrale, dans l'Arménie montagneuse, en Géorgie. Il présente des glumes renflées, très peu carénées, qui l'avaient fait confondre avec le Blé tendre, des épis longs, lâches, infléchis, à rachis mince. Percival (1921) l'a rangé dans *T. dicoccum* Schüb. en raison de la structure de la paille et du nombre de faisceaux vasculaires dans la coléoptile. D'après Vavilov (1927c), les essais géographiques réalisés sur l'étendue de l'U.R.S.S. ont permis de constater que « *T. persicum* var. *fuliginosum* possède une stabilité vitreuse extraordinaire, la manifestant même dans les conditions de l'Extrême-Nord... L'hérédité dans ce cas est plus forte que le milieu, quoique, en général, dans les autres Blés, le caractère vitreux soit soumis à un fort degré à la réaction du milieu ». Ce caractère accentue les différences entre *T. persicum* et les autres Blés du deuxième groupe.

Nous l'avons hybridé facilement avec *T. durum*; on obtient peu de formes intermédiaires entre les deux géniteurs; nous verrons en étudiant cette disjonction que les deux parents se comportent bien comme des espèces et non comme des variétés d'une même espèce.

Les observations personnelles que nous avons pu faire concernant les espèces du deuxième groupe consistent surtout dans la reconnaissance de formes intermédiaires et confirment la conclusion de Watkins (1930) : « ...Ces formes (du deuxième groupe) se groupent, d'une manière définie, autour de plusieurs points fixes qui sont « les

formes typiques » du systématiseur...; c'est l'origine des nombreuses formes, plus ou moins reliées, non divisées clairement en espèces, qui constitue le problème. »

L'étude des résultats d'hybridation entre les différentes espèces du groupe paraît être le meilleur moyen d'obtenir des indications sur leur parenté et leur filiation probables.

Le troisième groupe, à 42 chromosomes, comprend les quatre espèces *spelta*, *vulgare*, *compactum* et *sphoerococcum*, faciles à distinguer l'une de l'autre par des caractères extérieurs.

T. spelta L., caractérisé par son rachis fragile se rompant au-dessous de chaque épillet, ses glumes généralement épaisses, à nervures apparentes étroitement appliquées sur le grain, celui-ci vêtu, allongé, pointu, présente aussi les traits d'une espèce primitive; bien qu'elle n'ait pas été trouvée à l'état sauvage, Vavilov la considère comme une relique du passé. Les autres caractères, paille creuse, susceptibilité aux maladies, sont communs à *spelta* et à *vulgare*.

T. vulgare Host. est de tous les Blés celui que la culture a répandu sur l'aire géographique la plus considérable, depuis les temps les plus reculés. C'est sans doute la raison de l'énorme diversité de formes qu'il présente (plusieurs milliers). Ses caractères ont été donnés précédemment en étudiant le troisième groupe; nous venons de voir ceux qui distinguent le *T. spelta;* les deux autres espèces, *compactum* et *sphoerococcum*, ne se séparent du *vulgare* que par des différences peu importantes examinées ci-après.

La division de cette espèce en variétés est basée sur un grand nombre de caractères (66 d'après Vavilov, 1922[a]) présentant deux ou plusieurs états allélomorphes, pour la plupart indépendants et permettant un nombre considérable de combinaisons. (Nous reviendrons sur ce sujet à propos de l'étude des croisements.) L'influence du milieu sur les variations de cette espèce dans son immense aire géographique est sans doute la cause déterminante de types géographiques, qui ont permis de diviser l'espèce en sections, dont les limites ne sont toutefois pas nettes et sur lesquelles les classificateurs ne sont pas complètement d'accord (Flaksberger 1915, Percival 1921, Vavilov 1922[a]).

Bien que nous ayons cultivé de nombreuses races de *vulgare* et effectué un nombre important de croisements entre les variétés de cette espèce, nous ne pouvons apporter aucune précision à ce problème. Toutefois, en exposant les résultats de nos croisements, nous ferons ressortir des différences de ségrégation suivant l'origine géographique des géniteurs, différences traduisant des liaisons de facteurs particulières, qui seraient de nature à justifier l'existence de sections et, peut-être, de sous-espèces.

T. compactum Host., d'après Watkins (1930), « ne se distingue de *vulgare* que par son épi très dense, en forme de massue, et ses grains arrondis. La différence de l'épi serait due, d'après Nilsson-Ehle (1911[b]), à un seul facteur ».

Nous n'avons cultivé qu'un petit nombre de formes de *compactum*, leur forte densité s'accompagnant généralement d'échaudage du grain sous notre climat. Nous avons constaté fréquemment l'apparition, dans des croisements, de *vulgare* à épi dense, de formes méritant d'être classées dans les *compactum*, mais dont la descendance, malgré une sélection pédigrée prolongée, continue à se disjoindre en épis compacts sur toute la longueur, épis plus compacts au sommet qu'à la base (forme spatulée), épis de densité normale (*vulgare*).

T. sphoerococcum Perciv. est beaucoup plus distinct de *vulgare* que l'espèce *compactum*. Il n'est représenté que par un petit nombre de formes. Paille courte, très rigide; épis très denses, courts; épillets très fertiles à glumes courtes, dures; grain presque sphérique à structure presque vitreuse en sont les caractères communs, qui constituent, pour cette espèce, créée par Percival, une assez forte individualité.

Les croisements que nous avons effectués avec *vulgare* aboutirent au retour rapide aux géniteurs, presque sans formes intermédiaires stables, ce qui confirme l'éloignement génétique des deux espèces *vulgare* et *sphoerococcum*.

3. Variétés botaniques. Races

La subdivision des espèces de Blé en variétés botaniques a été faite par de nombreux descripteurs (Körnike 1885, Flaksberger 1915, Percival 1921, Vavilov 1922[a], etc.), en utilisant un petit nombre de caractères morphologiques, particulièrement état mutique ou barbu, pubescent ou glabre des glumelles, couleur des glumes, des barbes et du grain. Ce sont précisément ceux dont le comportement génétique dans les croisements a été ultérieurement étudié et qui se montrent de véritables caractères alternatifs, suivant la ségrégation mendélienne.

Les caractères descriptifs des variétés sont beaucoup plus nombreux : Orlov (1922) en cite 66 pour le Blé dur, Vavilov (1922[a]) en énumère un nombre égal pour les Blés tendres; Miège (1930[a] et [b]) en fait intervenir d'autres encore, chacune de ces particularités pouvant se présenter sous plusieurs états allélomorphes.

Il résulte du polymorphisme du Blé, surtout très développé chez *T. durum* et *T. vulgare*, que l'on range dans la même variété botanique des formes pouvant différer par 15, 20 (et même plus) traits distinctifs. Les variétés botaniques sont ainsi des groupes tout à fait arbitraires. Il est beaucoup plus important, tant au point de vue scien-

tifique que pour des fins pratiques, de décrire les caractères variétaux (états allélomorphes d'un caractère) d'une espèce que les variétés botaniques arbitraires. On exprime ainsi les possibilités de variation de l'espèce. Certaines combinaisons ont pu se réaliser spontanément dans la nature, d'autres sont obtenues chaque jour dans les instituts de génétique et d'amélioration du Blé; le nombre de ces combinaisons est tellement considérable qu'il défie toute tentative de description générale.

Au travail stérile d'essai de morcellement systématique de l'espèce, il est préférable de substituer l'étude du comportement génétique de chaque caractère.

La subdivision de chaque espèce en variétés botaniques ne tient guère compte des caractères fluctuants de taille, de productivité, ni des caractères physiologiques, comme la durée de végétation, la résistance aux maladies, etc. L'agriculteur, et après lui le sélectionneur, ont divisé la variété botanique en un grand nombre de races (ou variétés agricoles).

Leur description a été longtemps imprécise parce que ces races étaient des mélanges variables de divers génotypes et phénotypes présentant entre eux une certaine ressemblance. Ce n'est que depuis l'application de la sélection individuelle et de la multiplication généalogique (pédigrée) que ces groupes élémentaires de Blé ont acquis la pureté et la stabilité permettant de les décrire avec précision.

Diverses méthodes de description ont été proposées, basées par exemple sur la silhouette de l'épi, représentée géométriquement (méthode stachymétrique de Denaiffe et Sidorot, 1928, modification de celle du Dr Ohlmer), sur divers rapports entre les dimensions des épis et des grains, etc. Toutes ces méthodes sont d'application lente et difficile parce qu'elles reposent sur des caractères fluctuants dont l'expression demande le secours de la biométrique avec ses fastidieuses mesures et ses calculs. Elles doivent toujours être complétées par l'énoncé des caractères physiologiques.

Pratiquement, nous considérons comme impossible de déterminer sûrement une race de Blé avec sa seule description. Pour les besoins de l'agriculteur et du sélectionneur, la tâche est heureusement facilitée par le fait que la décision ne porte que sur une collection restreinte de formes.

C. CENTRES DE DIVERSITE ET D'ORIGINE

Seul le *Triticum durum* est représenté en Tunisie par un nombre important de formes; c'est donc uniquement pour cette espèce qu'il peut être question d'étudier la diversité des caractères et de rechercher si le pays appartient au centre d'origine de l'espèce.

Les Blés tendres présentent néanmoins un certain intérêt par suite de leur culture dans les oasis sahariennes, le Soudan, la Mauritanie.

4. Diversité des Blés durs. Centre d'origine

D'après la classification des Blés durs par Orlov (1922), l'Algérie-Tunisie posséderaient 22 des 34 variétés de *Triticum durum* décrites à cette époque (le Maroc, encore imparfaitement exploré à cette date, est porté pour 11 variétés). On trouverait 21 variétés en Europe (régions méridionales) et 20 en Asie. L'Abyssinie figurait pour 22 variétés, dont deux groupes non représentés ailleurs : celui des variétés à grain violacé et celui des *duro-compactum* caractérisés par un épi court compact, une glume stérile ovale, courte, un grain court, plutôt épaissi.

De son voyage en Abyssinie, en 1926, Vavilov rapporta plusieurs autres variétés de Blés durs, particulières à ce pays, présentant des grains violets, l'avortement plus ou moins complet des barbes, une paille fine et courte, etc. Aussi, ce dernier auteur considère-t-il l'Abyssinie et les contrées voisines comme le lieu de la plus grande diversité du *Triticum durum*, de la plus grande concentration de formes et par conséquent comme le principal centre d'origine de cette espèce. « Il existe ici, écrit-il au retour de sa mission, toutes les espèces à 28 chromosomes actuellement cultivées, ainsi qu'une quantité de nouvelles espèces de froments durs. La séparation des espèces n'est pas très nette et il est parfois difficile de les séparer. La divergence des espèces n'est pas encore complètement marquée » (Vavilov 1927[b]) [1]. Cet auteur réforme ainsi l'opinion formulée par Orlov disant que c'est le Nord de l'Afrique qui possède le plus grand nombre de variétés et la plus grande diversité de caractères variétaux.

Si l'on ne tenait compte que du nombre des variétés présentes ou des caractères variétaux représentés pour déterminer le centre d'origine d'une espèce, il y aurait lieu de mieux préciser les caractères à employer pour la distinction des variétés botaniques. Ayant eu l'occasion de parcourir, avec Vavilov, en 1925, une partie des régions céréalières de la Tunisie, nous avons pu mettre sous les yeux de ce savant de nombreuses formes à épis très denses, analogues au *duro-compactum* d'Orlov, mais n'ayant pas le grain court et renflé des neuf variétés de ce groupe, particulières, d'après sa classification, à l'Abyssinie. En utilisant la densité de l'épi comme caractère variétal, ainsi que nous le conseillait alors Vavilov, il faudrait augmenter sérieusement le nombre des variétés existant en Tunisie (Bœuf, 1925). Mais il est un autre critérium qui s'ajoute à celui de la diversité,

(1) La description des Blés d'Abyssinie par Vavilov vient de faire l'objet d'un mémoire de ce savant dans *Bull. Appl. Bot Plant breed.* de Leninegrad. Ce travail ne nous est pas encore parvenu.

c'est celui de la plus grande fréquence des caractères dominants à mesure qu'on se rapproche du *centre* primaire de diversité ou *centre d'origine* (Vavilov, 1827[a]). Vavilov a donné divers exemples de cette distribution géographique des gènes : Blés à 14 chromosomes en Asie mineure, au sud de la Palestine; groupe de Blés durs à 28 chromosomes en Abyssinie; groupe des Blés tendres à 42 chromosomes (*spelta* excepté) au S.-E. de l'Afghanistan, au sud de la Boukharie montagneuse et dans les contrées limitrophes du N.-W. des Indes anglaises; Seigle en Arménie et Azerbaïdjan; Pois cultivé, Pois chiche et Fève en Abyssinie, etc.

Pour ce qui concerne les Blés durs, Vavilov s'exprime ainsi : « On trouve en Abyssinie non seulement tous les caractères variétaux de l'Europe et de l'Asie, et beaucoup de formes originales endémiques, mais aussi une quantité de races ayant des caractères évidemment dominants, inconnus en Europe. Tels sont le vaste groupe des Blés abyssins à grains violets, les formes mutiques de Blés durs, les formes à bords colorés des glumes; les variétés pubescentes y sont très répandues. »

Nous avons pu constater nous-même la grande diversité des caractères variétaux des Blés d'Abyssinie sur le matériel que Vavilov eut l'obligeance de nous faire parvenir au retour de sa mission. Il existe bien en Tunisie, en Algérie et au Maroc des *Triticum durum* à épis roux, plus ou moins violacés au point de paraître noirs, des races pubescentes, des grains roux, tous caractères dont nous avons vérifié la dominance, mais il manque les grains violacés, les formes mutiques, les glumes à marges colorées, et le *Triticum durum* n'est pas accompagné par les autres espèces à 28 chromosomes. Nous avons toutefois rencontré quelques formes de *polonicum* dans les cultures indigènes et Ducellier et Miège ont signalé le *T. dicoccum* en Algérie et au Maroc.

Le Nord de l'Afrique nous paraît donc devoir constituer seulement un *centre secondaire de diversité* des variétés du *T. durum*.

D'après Vavilov, les centres secondaires sont également caractérisés par une grande richesse de formes, mais ce sont les caractères récessifs qui deviennent les plus nombreux: pour le Blé : épis blancs, glabres, barbus, grains blancs. « Les centres géographiques primaires comprennent tous les éléments génétiques, mais vu l'hybridation (surtout chez les plantes à pollinisation croisée et chez les animaux à sexes séparés), ce sont les types dominants qui s'y manifestent. En même temps que se produit, par la dispersion dans l'espace, la séparation des types dominants, se réalise l'individualisation des formes récessives... Proportionnellement à l'extension de l'isolement, se produit l'accumulation des formes récessives... Le processus de la formation géographique des races se réduit ainsi, dans une grande me-

sure, à l'émancipation des gènes récessifs... Cette émancipation se fait avec une facilité particulière pour les plantes soumises à l'autofécondation (cas des Blés), dans des conditions les préservant de l'immixtion des gènes étrangers... Ainsi, en partant d'un point de départ différent, nous arrivons à l'idée émise par notre maître W. Bateson : le processus de l'évolution doit être considéré comme un processus de la simplification, du déploiement d'un complexe de gènes primaires... L'hypothèse de la présence-absence des gènes, proposée par W. Bateson, a été sujette à la critique. Les mutations et les formes récessives ne peuvent dorénavant être considérées comme de simples pertes de gènes. Les cas d'allélomorphes multiples nous obligent à modifier les anciennes conceptions de la nature des caractères mendéliens. On peut concevoir les mutations récessives comme le résultat de modifications qualitatives correspondantes des gènes initiaux; cela ne modifie pas essentiellement nos idées sur la distribution géographique des formes dominantes et récessives, dans les limites de l'espèce linnéenne » (Vavilov, 1927[b]).

Les centres de diversité qui paraissent être les centres primaires d'origine sont tous, d'après Vavilov, d'importants massifs montagneux, dans lesquels la plus grande richesse de formes se rencontre aux altitudes de 500 à 2.000 mètres. « Nous sommes persuadé, contrairement à l'opinion qui place les premiers essais de culture dans les vallées des grands fleuves, que les contrées montagneuses doivent être considérées comme les régions d'origine de l'agriculture, en même temps qu'elles apparaissent, jusqu'à nos jours, comme les gardiennes de la richesse des espèces. L'établissement des grandes cultures dans les vallées, avec l'emploi d'irrigation artificielle, le long du Tigre et de l'Euphrate ou dans le Delta du Nil, exigeait de vastes organisations communes, une réunion de populations et de tribus et ne peut être, logiquement, qu'un processus secondaire et non primaire. »

Les centres secondaires importants occupent également des régions montagneuses, ce qui traduit l'influence de la grande variété des conditions de milieu, dans un espace relativement restreint, sur la variation de l'espèce.

Dans le Nord de l'Afrique, les conceptions du savant russe trouvent une vérification. L'Algérie, plus montagneuse que la Tunisie, possède une flore beaucoup plus variée et un nombre plus grand de variétés de *Triticum durum*. Il est probable que l'exploration des hautes régions marocaines y fera découvrir une richesse encore plus grande de formes. Notons qu'en Tunisie ce sont bien les régions de culture situées de 700 à 900 mètres qui sont les mieux pourvues de races locales et que c'est là seulement que l'on trouve, en abondance,

dans les cultures primitives des Indigènes, les formes, à épis denses, voisines du groupe *duro-compactum* spécial à l'Abyssinie, dont nous avons parlé plus haut. C'est également dans ces régions que vivent les véritables populations autochtones, fortement attachées au sol. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la carte de la répartition des cultures européennes et indigènes de Blé pour constater que la colonisation européenne s'est surtout installée dans les plaines, où il était plus facile d'acquérir les terres.

S'il est indiscutable que la sélection naturelle assure dans chaque région la prédominance des formes les mieux adaptées au milieu local, il est également logique de se demander dans quelle mesure l'influence de l'homme, des cultivateurs et des sélectionneurs de Blé, s'est exercée pour modifier la répartition naturelle des gènes. Il n'est pas douteux, par exemple, que dans la plupart des régions froides d'Europe et d'Amérique, éloignées de tout centre d'origine, la culture assure une place prépondérante aux variétés de Blé tendre à grain roux (caractère dominant), parce qu'elles y paraissent mieux adaptées par leurs caractères physiologiques (Vavilov, 1927[b]). Il est également certain que, dans le Nord de l'Afrique, les populations indigènes, habituées à consommer de la semoule, ont négligé les Blés tendres pour ne cultiver que les Blés durs et les premiers ne se sont maintenus, avant la période de colonisation, qu'à titre d'impuretés dans les cultures des seconds; on les trouve parfois en telle proportion dans les récoltes indigènes négligées qu'il serait aussi logique de considérer les uns que les autres comme culture fondamentale.

Malgré les nombreuses importations de Blés durs nécessitées par la fréquence, très grande autrefois, des années de disette, il ne semble pas que les populations indigènes de Blé dur aient subi une importante modification du fait de l'agriculteur. Celui-ci se méfie des introductions étrangères; il ne pratique guère la sélection, il n'hésite pas à livrer à la consommation la récolte provenant de semences introduites, pour retourner, avec juste raison d'ailleurs, à la culture des formes locales dont l'adaptation est séculaire.

C'est seulement dans les cultures européennes que se sont propagées des variétés étrangères au pays, soit importées, soit créées par hybridation.

Le centre primaire de diversité, centre d'origine probable du Blé dur, l'Abyssinie, représente pour le botaniste une riche collection de races; le sélectionneur y trouve peu de formes intéressantes, telles quelles, pour les cultures plus perfectionnées des plaines, ainsi que nous avons pu nous en rendre compte par l'examen du matériel reçu de Vavilov; par contre, l'hybrideur peut y puiser les gènes qui manquent aux formes actuellement cultivées et réaliser ainsi un grand

nombre de combinaisons nouvelles, parmi lesquelles il fait le choix de celles susceptibles de l'intéresser.

Pour les Blés durs, l'absence de barbes est un des caractères dominants qui peut être utile; par contre, la coloration du grain est à rejeter, les acheteurs préférant les grains aussi clairs que possible. L'étude génétique complète des races abyssiniennes fournira sans doute d'autres possibilités d'amélioration concernant par exemple la durée de végétation, la résistance aux maladies, etc.

L'aide que peut ainsi apporter, à la génétique appliquée, la connaissance de la distribution géographique des gènes et de leur concentration dans les centres de diversité et d'origine, est un bel exemple des conséquences pratiques des études de génétique pure et de systématique. S'il est maintenant possible de rechercher ces centres par les méthodes scientifiques inaugurées par l'Ecole russe, qui suppléent à l'insuffisance des documents historiques et archéologiques, c'est parce que la génétique a récemment permis de définir, avec beaucoup de précision, les espèces et les groupes d'espèces du genre *Triticum*, précision qui faisait défaut à la base des travaux antérieurs sur l'origine des plantes cultivées.

L'existence de centres de diversité et d'origine différents pour les trois groupes d'espèces de Blé doit également être prise en considération dans la recherche des liens de parenté entre ces trois groupes et de ceux qui existent probablement entre le genre *Triticum*, le genre *Secale* et le genre *Aegilops*. Les études sur la *phylogénie* de ces trois genres font intervenir des ressemblances morphologiques surtout mises en relief par Percival et le comportement des chromosomes dans les hybrides intra et intergénériques. Nous en dirons quelques mots, au chapitre suivant, après l'étude des hybrides.

5. Dispersion des Blés tendres

Nous avons déjà dit que les Blés tendres, bien que non cultivés par les Indigènes du Nord africain français, sont néanmoins représentés par des impuretés dans les champs de Blé dur, ce qui témoigne de leurs aptitudes à s'implanter dans le pays. La culture des Blés tendres a d'ailleurs remplacé en grande partie celle des Blés durs dans les exploitations européennes, grâce à l'introduction et à la création de races qui se trouvent mieux adaptées à la sécheresse et de meilleur rendement que les Blés durs indigènes.

Dans les oasis sahariennes reparaissent les Blés tendres; Ducellier (1920 et 1930) en a décrit neuf formes « qui se distinguent des autres groupes de Blé par leurs épis denses, courts ou allongés, pourvus de barbules courtes, droites ou en crochet, de barbes épaisses, courtes en général; par leurs épillets très florifères, présentant jusqu'à 12

fleurs fertiles » (*Triticum vulgare* Host., var. *oasicolum* L. D.). Le même auteur indique également que « l'épeautre était autrefois cultivé dans l'Afrique du Nord: les Maures de l'Edough recueillaient une grande quantité d'épeautre, de froment et d'orge, d'après Procope, secrétaire du célèbre général byzantin Bélisaire, qui vainquit les Vandales d'Afrique en 534.

« Ce blé est devenu très rare aujourd'hui dans nos mélanges de céréales, dans lesquelles il ne se rencontre plus que sous des formes speltoïdes, par suite du perfectionnement des appareils de battage et de triage qui éliminent les grains vêtus, mais il est, par contre, encore assez commun dans les cultures des oasis sahariennes, où l'on ne cultive pas moins de 30 variétés pouvant être rattachées à ce groupe de Blé... C'est un groupe de Blés intermédiaires entre le Blé tendre et le Blé épeautre type d'Europe, mais il est néanmoins plus proche des épeautres que des autres espèces de Blé. » Ce Blé a été désigné pour cette raison sous le nom d'Epeautre du Sahara (*T. spelta* L., var. *Saharae* L. D.).

Mège (1924[a] et 1930[c]) a pu étudier des Blés du Soudan français et de la Mauritanie. Ce sont diverses variétés de *Triticum vulgare*, de *T. spelta*, de *T. sphaerococcum*. Aucun n'appartient au *T. durum*. Ils présentent aussi le faciès saharien : tiges courtes, dressées; barbes courtes; grains courts; grande précocité; épillets très florifères. Tous les Blés sahariens ou de la région du Niger, remarquablement résistants à la rouille, sont détruits par *Puccinia glumarum* lorsqu'on les cultive près de la côte méditerranéenne, ainsi qu'en témoignent les observations faites à Rabat, à Alger et à Tunis.

Ils représentent donc certainement des formes adaptées au climat spécial des oasis et doivent être de culture très ancienne dans ces régions. Il n'est guère possible actuellement d'en indiquer l'origine, car ils ont dû prendre un faciès tout différent des formes primitivement introduites.

Il est curieux que les Blés durs n'aient pas accompagné les Blés tendres dans leur migration. On les cultive dans les oasis du Sud de la Tunisie, moins méridionales, il est vrai, que les oasis sahariennes, mais offrant des conditions très analogues de chaleur, de lumière et d'humidité.

D. BLES CULTIVES EN TUNISIE

6. Espèces. Variétés. Lignées

On cultive en Tunisie des Blés durs (*Triticum durum* Desf.) et des Blés tendres (*Triticum vulgare* Host.).

Çà et là, dans les cultures indigènes, on trouve quelques représen-

tants du Blé de Pologne (*T. polonicum* L.) et il a été introduit quelques variétés de Blé poulard (*T. turgidum* L.); ces deux espèces peuvent être négligées, au point de vue cultural. Nous n'avons jamais observé, en Tunisie, de cultures des autres espèces du genre *Triticum*.

Nous avons donné précédemment les caractères distinctifs des *deux espèces*, Blé dur et Blé tendre. Aucun agriculteur n'est en peine pour distinguer l'une de l'autre. Il est toutefois bien difficile de citer un seul caractère morphologique qui appartienne en propre à l'une des espèces et manque à l'autre. Dans une collection importante de variétés de Blé, chaque caractère présente des variations qui établissent toute une série d'intermédiaires entre deux états nettement différenciés.

Les agriculteurs distinguent des variétés de Blé, que l'on peut appeler les *variétés agricoles*, en utilisant, pour les différencier, tantôt les mêmes caractères que les botanistes, tantôt d'autres particularités comme la densité des épis, la forme du grain, etc... Les appellations varient souvent d'une région à l'autre pour le même type.

Il résulte de ces différences entre les deux méthodes qu'il n'y a aucune concordance entre la classification botanique et la classification agricole.

C'est ainsi qu'un botaniste range dans le *Triticum durum*, var. *leucomelan*, tous les Blés durs à épi glabre, à barbes noires, glumes blanches et grain blanc; tandis qu'un agriculteur distingue dans cette variété botanique, suivant la densité des épis, l'Agili, le Biskri, le Mahmoudi, le Sbéi et l'Adjini.

Inversement, un Mahmoudi serait classé par un botaniste dans plusieurs variétés (*leucomelan*, *reichenbachi*, *melanopus*, *africanum*) suivant que les glumes sont glabres ou pubescentes, que le grain est blanc ou roux, caractères dont l'agriculteur tient rarement compte.

Si l'on réfléchit qu'à toutes les particularités morphologiques il convient d'ajouter des caractères physiologiques, comme la durée de végétation, la résistance aux intempéries et aux maladies, la productivité, l'aptitude du grain à la panification ou à la fabrication des pâtes, on comprend que le nom de la variété botanique, aussi bien que celui de la variété agricole, sont insuffisants pour désigner avec précision un « Blé ».

Il n'y a qu'un moyen de s'entendre : c'est de donner un nom au groupe végétal élémentaire, le plus petit que l'on puisse envisager, *la lignée pure*.

On l'obtient, comme nous le verrons au chapitre de la génétique du Blé, en partant *d'un seul pied initial*, *dont on isole la descendance* pendant plusieurs générations. Si cette descendance est homogène, formée d'individus tous semblables, c'est la preuve que le pied-mère

était pur, c'est-à-dire indemne de toute combinaison avec un autre type, et la lignée elle-même est pure. Elle se maintiendra indéfiniment stable, si on la préserve de tout mélange et de tout croisement avec une autre.

La lignée pure, étant un groupe végétal parfaitement défini et limité, peut être nommée. On la désigne, soit par un nom nouveau, soit en joignant, au nom de la variété agricole dont elle est issue, un numéro inscrit au catalogue de l'obtenteur (exemples : Mahon 73, Richelle 110, Sbéi 292 du Service Botanique, etc.). La lignée pure se prête également à une description complète, comprenant ses caractères morphologiques, ses particularités physiologiques, ses susceptibilités pathologiques et, par conséquent, ses exigences culturales et ses qualités industrielles.

7. **Blés durs**

Les Blés durs étaient seuls cultivés par les Indigènes avant l'installation d'agriculteurs français.

Ils sont représentés, en Tunisie, par un nombre considérable de formes. Cette grande diversité, qui se retrouve dans les autres régions nord-africaines, a fait considérer le Nord de l'Afrique comme l'un des principaux centres secondaires d'origine du Blé dur (Vavilov). L'Abyssinie possède aussi un grand nombre de Blés durs dont beaucoup sont très différents des nôtres par leur taille moindre, leur port moins érigé, leur paille fine, leurs grains parfois violets, leurs épis quelquefois presque dépourvus de barbes. Ce pays doit être considéré comme le centre primaire d'origine (Vavilov).

Notre collègue d'Algérie M. Ducellier estime, d'après les échantillons (Orge et Blé) découverts dans les ruines de Timgad et de Djemila, que les Blés durs n'auraient pas été cultivés en Algérie avant l'invasion arabe, et que la multitude de formes que l'on rencontre dans le Nord de l'Afrique serait due aux hybridations et aux croisements qui se produisent spontanément, sous notre climat, entre espèces et variétés différentes. Nous ajoutons à cette cause de diversité, dont nous avons constaté le bien-fondé, les introductions fréquentes de Blés durs étrangers pendant les années de disette, autrefois très fréquentes dans le Nord de l'Afrique.

Il est certain que le Blé dur a trouvé, dans le Nord de l'Afrique, une aire de prédilection, qu'attestent le grand nombre de caractères variétaux que l'espèce *Triticum durum* y présente et la multitude de variétés qu'on y rencontre.

L'étude des variétés locales de Blé dur nous a montré que la Tunisie possède une merveilleuse collection naturelle des variétés de cette

espèce et qu'il y a peu à glaner dans les autres contrées. Nous reviendrons sur ce sujet en parlant de l'amélioration des Blés durs.

Les Indigènes, bons observateurs, reconnaissent et nomment un certain nombre de types de Blé dur, en tenant compte surtout de la couleur des glumes et des barbes et de la densité de l'épi. Leurs dénominations varient quelque peu d'une région à l'autre, et c'est en tenant compte des appellations les plus communément employées que l'on peut dresser le classement suivant :

Premier groupe : Blés a glumes blanches et barbes noires

Agili : épi lâche, très étroit, à peu près cylindrique, grain moyen, le plus souvent roux, paille généralement courte et fine.

Biskri : épi moins lâche, à peu près quadrangulaire, grain un peu allongé, généralement ambré, paille moyenne ou haute.

Mahmoudi : épi de densité moyenne, un peu aplati perpendiculairement aux plans des épillets, grain gros, bossu, ambré ou roux, paille grosse, de hauteur moyenne.

Sbéi : épi dense, très aplati, large, très gros, généralement ambré, paille forte de hauteur variable.

Adjini : épi très dense, court, se recourbant à maturité en rejetant toutes les barbes du côté convexe, barbes souvent caduques, tombant facilement par rupture à leur base, grain de grosseur moyenne, court, ambré, paille généralement courte et assez fine.

Tous ces Blés forment une série assez homogène dans laquelle les types se distinguent surtout par leur densité croissante. Les barbes sont plus ou moins foncées suivant que la maturation a été lente ou brusquée; quand elles sont fortement teintées, la couleur noire se retrouve souvent sur la carène des glumes et même sur la surface de ces dernières, qui sont alors plus ou moins tachées ou lavées de noir violacé.

Il faut joindre à ce groupe la variété suivante :

Aouedj : épi de faible densité, à glumes très longues, grain très long fortement bossu, paille haute.

Ce Blé se distingue nettement des précédents par son grain allongé qui rappelle celui du Blé de Pologne (*T. polonicum*). Il est assez peu fréquent et n'existe guère qu'en mélange dans les cultures indigènes.

Deuxième groupe : Blés a glumes blanches et barbes blanches

Il existe des Blés durs correspondant aux types précédents (Aouedj excepté), dont ils ne se distinguent que par l'absence de toute coloration sur les barbes et les glumes. N'existant qu'en très faible propor-

tion et se confondant avec les types à barbes noires dont les barbes n'ont pas le temps de noircir, par suite d'une maturation brusquée, ils ne sont pas distingués des autres et ne sont pas dénommés. Ils mériteraient de former un groupe à part.

Nous avons actuellement, en culture d'essais, un Blé que nous avons appelé *Abiod* et qui est une réplique du *Biskri*, à glumes et barbes totalement blanches.

Il faut également citer, dans ce groupe, le Blé suivant :

Derbessi, épi dense, court, quadrangulaire, épilets très fructifères, grains courts, de petit volume, rappelant par leur forme ceux des Blés poulards : paille courte, fine, s'inclinant depuis sa base, à la maturité. Variété assez précoce, mûrissant quinze à vingt jours avant les autres Blés durs.

Ce Blé, que nous avons trouvé à l'état dispersé dans les cultures indigènes, a probablement été introduit par des importations de l'étranger. Nous avons pu l'identifier avec le Blé « Kounouze » de la région des Dardanelles. Des lignées pures obtenues au Service Botanique ont été cultivées dans diverses exploitations françaises; elles ont été abandonnées en raison du peu de solidité de la paille et de la tendance du grain à mitadiner.

Troisième groupe : BLÉS A GLUMES ROUSSES, BARBES ROUSSES OU NOIRES

Souri : barbes rousses, jamais noires, épi de densité faible, quadrangulaire, grain moyen, ambré foncé et souvent roux, paille fine, dépassant un peu la moyenne.

Azizi : barbes noires, glumes parfois légèrement lavées de noir violacé; pour le reste, identique au Souri.

Bidi : barbes noires, épi de densité moyenne, paille moyenne dont les glumes sont parfois un peu violacées. Grain comme celui du Souri. Dans certaines régions, les Indigènes donnent à ce Blé le nom de Hamira, que nous réservons à la variété suivante.

Hamira : glumes rousses souvent tachées de marron foncé ou de noir violacé, barbes noires, grain gros ou très gros, paille de hauteur moyenne, grosse. Dans les régions visées ci-dessus, ce Blé est appelé Roumani.

Mekki : barbes noires, épi très dense, recourbé à maturité comme celui de l'Adjini, grain moyen un peu court, paille de hauteur très variable.

Ce groupe est le pendant du premier, dont il ne se distingue que par la couleur rousse des glumes. Les barbes y sont également plus ou moins foncées suivant que la maturité a été lente ou brusquée; la

couleur noire violacée atteint plus ou moins les glumes. Le Souri seul est complètement exempt de cette pigmentation. On trouverait probablement aussi, dans les autres formes, des types à barbes rousses, mais ils sont très rares, s'ils existent, et ne sont pas dénommés.

Quatrième groupe : GLUMES FORTEMENT TEINTÉES DE NOIR VIOLACÉ, BARBES NOIRES

Médéa : épi de densité faible ou moyenne, un peu aplati, roux, parfois peu teinté de violacé, ce qui le fait ressembler à l'Azizi, dont il se distingue par une paille très haute, grain ambré ou roux.

Jenah Rhetifah (aile d'hirondelle) ou *Jenah Zarzoura* (aile d'étourneau) : épi de densité moyenne, quadrangulaire, noir violacé foncé, grain ambré ou roux, paille haute.

Khala : ressemble au précédent, mais les parties des glumelles abritées de la lumière sont blanches et non rousses; paille un peu moins haute.

Les types violacés très denses, correspondant aux Hamira et Mekki, existent, en très faible proportion, dans les cultures indigènes, mais ne sont pas dénommés.

En réalité, on trouve dans les Blés durs qui constituent les cultures non sélectionnées toutes les densités d'épi, toutes les colorations des glumes et des barbes, des types glabres et des types barbus, des grains ambrés et roux. Ces caractères forment de nombreuses combinaisons; celles qui ont reçu un nom des Indigènes sont celles qui prédominent; les autres passent inaperçues.

En ne considérant que les cultures indigènes, dans lesquelles aucune sélection n'intervient de la part des agriculteurs, on peut admettre que la répartition des diverses formes de Blé dur correspond à la sélection naturelle qui s'est exercée au cours du temps et avoir une idée de la relation qui existe entre les diverses variétés et le milieu.

Dans le premier groupe, qui est de beaucoup le plus important au point de vue des surfaces ensemencées, il existe une corrélation très nette entre la densité de l'épi et la distribution géographique des formes ou, plus exactement, entre la densité de l'épi et la quantité de pluie nécessaire au développement des variétés.

Les *Agilis*, à épi étroit et lâche, se trouvent surtout dans le Sud de la Régence : région de Sfax et régions plus méridionales recevant de 180 à 250^{mm} de pluie.

Les *Biskris*, à épi allongé, moins lâche, réussissant dans les régions du Centre, du Kef, de Tunis, recevant de 250 à 400^{mm} d'eau.

Les *Mahmoudis*, à épi de densité moyenne, sont les plus répandus

dans les plaines du Nord et les plateaux, où les précipitations atteignent 400 à 550mm.

Les *Sbéis*, à larges épis très compacts, sont localisés dans les plaines et les vallées riches et fraîches du Nord, où il tombe 600 à 700mm de pluie.

Les *Adjinis*, à épis très denses et courts, sont localisés dans les régions élevées et humides; ils sont beaucoup plus rares que les autres formes.

Enfin, les *Aouedjs*, à grande paille, glumes longues, particulièrement sensibles à l'échaudage, d'ailleurs peu répandus, sont cantonnés dans les régions littoraliennes Nord.

Dans le troisième groupe, comprenant les Blés à épis roux, moins répandus que ceux du premier groupe, semblable corrélation ne peut être décelée.

Les *Souris* et *Azizis* se trouvent surtout dans le Nord, dans la vallée de la Medjerdah, associés aux *Mahmoudis;* ils paraissent toutefois un peu moins exigeants en eau que ces derniers, tout en se montrant assez sensibles à l'échaudage brusque par le siroco.

Les *Hamiras* sont bien représentés dans le Centre et ont à peu près les mêmes exigences que le Biskri.

Quant aux *Mekkis*, dont l'épi rappelle, comme forme, celui de l'Adjini, ils se trouvent dans les mêmes régions que ce dernier, mais en faibles proportions.

Le quatrième groupe est constitué par les Blés fortement colorés de noir violacé, à paille haute, *Médéa*, *Jenah Rhetifah* et *Kahla;* on les trouve surtout sur les coteaux du Nord à terres légères, un peu caillouteuses. En plaine, ils prennent une hauteur exagérée qui les a fait éliminer. Ils sont d'ailleurs peu répandus et n'ont pas tendance à gagner du terrain.

Nous donnons ci-après la description détaillée des lignées pures de Blé dur qui ont été propagées par le Service Botanique.

BISKRI

Blé dur
Triticum durum Desf.
var. *leucomelan* Al.

Lignée Ac^2

Origine. — Variété indigène, dont le Service Botanique a sélectionné la lignée Ac^2 parmi les nombreuses formes cultivées en mélange.

I. Caractères morphologiques

Jeune plante à port semi-érigé, les tiges secondaires très rapprochées de la tige principale, sur quelques centimètres à la base, s'écartent ensuite.

Tiges vert clair, glaucescentes, nœuds portant une très courte pubescence. Paille mûre blanche, creuse, à parois minces, hauteur moyenne 1^m 45, diamètre moyen 4^{mm} 3.

Feuilles vert demi-foncé, légèrement glaucescentes, glabres, au nombre de 10; l'avant-dernière mesure 36^{cm} 8 de long sur 2^{cm} 8 de large.

Ligule en pointe très accusée et très frangée sur le bord, à l'état vert; ces caractères s'atténuent ensuite.

Auricules de 2^{mm} 5 de long et 0,9 à 1^{mm} de large, pointues, embrassantes, sans cils.

Epi vert clair, puis blanc, sub-pyramidal, moyen, légèrement aplati, face étroite, profil plus large, longueur (rachis) 7^{cm} 6, largeur de la face 1^{cm}, largeur du profil 1^{cm} 5, densité 35,7

Rachis érigé, cassant, articles courts, rétrécis à la base, pubescence moyenne sur les côtés, aigrettes latérale et frontale très développées; bourrelet droit, légèrement échancré.

Epillets au nombre de 25 en moyenne, 4 fleurs constituées dont 3 fertiles dans la moitié inférieure et 2 dans la moitié supérieure.

Glumes blanches, bordées par une ligne noire sur la partie supérieure de la carène et le bec; longueur 12 à 13^{mm}, largeur 5^{mm}, épaulement très court, dent très aiguë, 2 à 3^{mm} de long et 0,9 à 1^{mm} 2 de large à la base; carène très prononcée; face externe glabre, la carène et le bec sont pourvus d'épines, la face interne ne porte qu'une petite touffe de poils dans le haut du sillon carénal.

Glumelles blanches, pourvues d'une barbe de couleur noire, à sillons latéraux et extrémité blancs, longue, étroite, très peu épineuse, de direction parallèle à celle de l'épi.

Epillet terminal à glumes dissemblables; la glume inférieure est plus courte, terminée en pointe et présente une légère carène, la glume

Blé dur Sorte A G 2

BISKRI

supérieure est dépourvue de carène et échancrée en forme de V au sommet.

Grain ambré, très clair, allongé, légèrement aplati du côté qui est tourné vers l'axe de l'épi; sillon moyen, peu profond, à bords arrondis et légèrement concaves dans le sens de la longueur, brosse petite; longueur $8^{mm}65$, largeur $3^{mm}5$, poids du grain d'un épi moyen 2 gr. 57, poids de 1.000 grains 59 gr. 8.

Cassure cornée très claire.

II. Caractères physiologiques — Exigences culturales

Variété d'hiver, à semer aussitôt que possible, en novembre. Bon tallage.

Epiage vers le 25 avril dans la région de Tunis.

Avortement basal des épis portant en moyenne sur 1 à 2 épillets.

La paille, un peu longue, prédispose ce Blé à la verse dans les terres fraîches et fertiles.

Bonne résistance à la sécheresse et à l'échaudage.

Très résistant à la rouille jaune, moyennement résistant à la rouille noire s'il survient des pluies à l'époque de sa maturation.

Bonne résistance au piétin.

Le Biskri Ac^2 est une véritable variété passe-partout; il réussit très bien dans le Nord et le Centre. C'est le Blé dur qui a donné jusqu'ici le maximum de rendement. Ses exigences en eau sont moindres que celles du Mahmoudi et il doit lui être préféré dans toutes les situations recevant moins de 450^{mm} de pluie.

Le Biskri présente un certain polymorphisme au point de vue des caractères morphologiques. Il est très cultivé par les Indigènes dans les régions élevées du Kef.

III. Valeur industrielle

Le Biskri Ac^2 a des grains de couleur ambrée très claire, ce qui le distingue de tous les autres Blés durs. Il a un son mince et donne une semoule claire de tout premier ordre.

Ce Blé peut être considéré comme le meilleur semoulier de Tunisie. Les Indigènes du Sud le surpayent volontiers quand ils font leur approvisionnement au cours de leurs déplacements dans le Nord.

MAHMOUDI

Blé dur

Triticum durum Desf.
var. *leucomelan* Al.

Lignées Ap^3 et Ap^4

Origine. — Variété indigène très répandue, dans laquelle le Service Botanique a sélectionné les lignées Ap^3 et Ap^4, très voisines l'une de l'autre.

I. Caractères morphologiques

Jeune plante à port dressé.

Tiges vert clair, légèrement glaucescentes; nœuds glabres. Paille mûre blanche, pleine; hauteur moyenne $1^m\,35$, diamètre moyen $4^{mm}\,2$.

Feuilles vert sombre, à glaucescence légère sur le limbe, marquée sur la gaine, glabres, au nombre de 8 à 9; l'avant-dernière mesure $36^{cm}\,75$ de long sur $2^{cm}\,17$ de large.

Ligule pointue à bord très frangé.

Auricules de 2^{mm} de long sur $0^{mm}\,8$ de large, étroites, pointues, embrassantes dans le jeune âge, ensuite divergentes, sans cils.

Epi vert clair, blanc à maturité, sub-pyramidal, moyen, légèrement aplati, face étroite, profil élargi; longueur (rachis) $6^{cm}\,55$; largeur de la face $9^{cm}\,4$, largeur du profil $15^{mm}\,2$, densité 39.

Rachis érigé, cassant, articles courts, peu rétrécis à la base; pubescence des côtés moyenne, aigrettes latérale et frontale très fortes; bourrelet à bord saillant convexe sur le profil, formant un petit éperon sur la face sous le premier épillet, échancré du côté opposé.

Epillets, 26 en moyenne; 4 fleurs constituées, dont 3 fertiles dans la moitié inférieure de l'épi et 2 seulement dans la moitié supérieure.

Glumes blanches, bordées, sur le bord supérieur de la carène et sur la dent, par une étroite ligne noire; longueur 10 à 12^{mm}, largeur 4 à 5^{mm}; épaulement très court, élevé, dent aiguë, longue 2 à 8^{mm}, assez large, de 1 à $1^{mm}\,5$ à la base; carène très prononcée, pourvue de cils à la partie inférieure et d'épines à la partie supérieure; légère pubescence externe sur le tiers inférieur de la face étroite, la face interne ne porte qu'une touffe de poils dans le haut du sillon carénal.

Glumelles blanches, pourvues d'une barbe de couleur noire, avec des sillons latéraux et l'extrémité blancs, longue, ponctuée, épineuse, de direction parallèle à celle de l'épi.

Epillet terminal à glumes peu différentes, la deuxième est un peu plus longue et à bord supérieur légèrement concave.

Grain ambré moyen, allongé, aplati du côté qui est tourné vers l'axe de l'épi, sillon large, peu profond, à bords arrondis, légèrement

Blé dur

Sorte A P 4

MAHMOUDI

concaves au milieu, dans le sens longitudinal, brosse petite; longueur 8mm 7, largeur 3mm 5, poids du grain d'un épi moyen 2 gr. 8, poids de 1.000 grains 63 grammes.

Cassure cornée.

II. Caractères physiologiques — Exigences culturales

Variété d'hiver, à semer en novembre. Les semailles précoces sont à préférer partout où la verse n'est pas à craindre.

Bon tallage.

Epiage vers le 20 avril dans la région de Tunis.

Avortement basal des épis portant en moyenne sur 2 à 4 épillets.

Bonne résistance à l'humidité.

Résistance moyenne à la verse tardive, à la sécheresse et à l'échaudage.

Très résistant à la rouille jaune, moyennement résistant à la rouille noire, bonne résistance au piétin.

Le Mahmoudi est la variété la plus répandue en Tunisie, dans le Nord et jusque dans le Centre. Il réussit surtout dans les régions recevant au moins 450mm de pluie ou dans les terres très bien préparées et approvisionnées d'eau. Sa grosse masse foliaire et ses gros épis le rendent sensible à l'échaudage dans les situations où l'humidité devient insuffisante à l'époque de la maturation.

De nombreuses formes sont réunies sous le nom de Mahmoudi et diffèrent par la présence ou l'absence de pubescence sur les glumes, la paille pleine ou creuse, la couleur ambrée plus ou moins foncée du grain, et d'autres détails morphologiques.

III. Valeur industrielle

Les lignées Ap^3 et Ap^4 sont considérées comme de bons Blés semouliers donnant une semoule un peu colorée; on leur reproche seulement un son un peu épais.

SBEI

Blé dur
Triticum durum Desf.
var. *melanopus Al.*

Lignée 7

Origine. — Variété indigène.

Représentait un mélange de plusieurs formes dont le Service Botanique a sélectionné et propagé les lignées n^{os} 7 et 292.

I. Caractères morphologiques

Jeune plante à port érigé.

Tiges vert foncé, glaucescentes; nœuds portant une courte pubescence. Paille mûre blanche, demi-pleine dans la moitié de l'entre-nœud supérieur, hauteur moyenne 1^{m} 35, diamètre moyen 4^{mm}.

Feuilles vert foncé, à gaine très glaucescente, glabres, au nombre de 8 à 9; dimensions de l'avant-dernière 37^{cm} 9 de long, sur 2^{cm} 05 de large.

Ligule pointue, frangée.

Auricules de 1^{mm} 5 de long et 0^{mm} 8 de large, pointues, embrassantes dans le jeune âge, ensuite divergentes, sans cils.

Epi vert clair, pruiné, puis blanc, court : 5^{cm} 24 (rachis), aplati, face étroite : 1^{cm} 09 et profil large : 1^{cm} 8; très compact, densité moyenne : 45,8.

Rachis érigé, cassant, articles très courts, peu rétrécis à la base; forte pubescence sur les côtés, aigrettes latérale et frontale très développées; bourrelet de la base du rachis droit, légèrement échancré.

Epillets au nombre de 24 en moyenne; 4 fleurs constituées, dont 3 fertiles, sauf à la partie supérieure, où quelques épillets n'ont que 2 grains.

Glumes blanches, moyennes, longueur 12^{mm}, largeur 5^{mm}, à épaulement très court, dent très aiguë, longue 2 à 3^{mm}, large 1,5 à 2^{mm} à la base; forte pubescence sur la face extérieure, cils raides et longs sur la moitié inférieure de la carène, courts et transformés en épines à la partie supérieure et jusqu'au sommet de la dent.

Face interne presque glabre, quelques poils rares et courts dans le sillon carénal. Glumelles pubescentes, sur la partie non couverte par la glume, pourvues d'une barbe longue, étroite, velue à la base, ensuite épineuse, de couleur noire, avec du blanc dans les sillons latéraux et souvent à l'extrémité supérieure.

Epillet terminal à glumes dissemblables, la première est plus

Blé dur

Sorte 7

SBEI VELU

courte et terminée en pointe; le bord supérieur de la deuxième est échancré en forme de V étroit. Toutes les deux sont dépourvues de carène.

Grain ambré clair, allongé, longueur 8mm 7, largeur 3mm 1, asymétrique, un des côtés est aplati; l'assise présente une légère concavité.

Sillon étroit, moyennement profond, brosse moyenne. Poids moyen du grain de 1 épi 2 gr. 63; 1.000 grains pèsent 55 gr. Cassure cornée.

La lignée 292 se distingue du Sbéi 7 par des barbes presque complètement blanches, leur base seule étant teintée de noir, et par une paille très forte qui lui assure une meilleure résistance à la verse.

II. Caractères physiologiques — Exigences culturales

Variété d'hiver, à semer aussitôt que possible, en novembre.

Bon tallage.

Epiage vers le 28 avril dans la région de Tunis.

Avortement basal de l'épi portant en moyenne sur 1 à 2 épillets.

La lignée 7 est moyennement résistante à la verse, la lignée 292 est la plus résistante des Blés durs actuellement cultivés; cette résistance est encore insuffisante quand ce Blé prend un grand développement.

Les Sbéis sont exigeants sous le rapport de l'humidité et sujets à l'échaudage quand l'approvisionnement du sol est insuffisant à l'époque de la maturité.

Très résistants à la rouille jaune, moyennement résistants à la rouille noire lorsque des pluies surviennent pendant la maturation; bonne résistance au piétin.

Les Sbéis sont des Blés pour terres riches, des régions fraîches, ou bien approvisionnées en eau par une excellente préparation depuis plusieurs années. Ils ne sont pas à conseiller dans toutes les situations où l'on craint l'échaudage.

III. Valeur industrielle

Les Sbéis sont de bons semouliers, à la condition que leur maturation ait été normale et que l'échaudage n'ait pas réduit le volume des grains.

HAMIRA

Blé dur
Triticum durum Desf.
var. *apulicum* Körn.

Lignée Ac^5

Origine. — Variété indigène dont le Service Botanique a sélectionné et propagé la lignée Ac^5 parmi de nombreuses formes cultivées en mélange.

I. Caractères morphologiques

Jeune plante à port semi-érigé.

Tiges vert demi-foncé, légèrement glaucescentes, nœuds portant une courte pubescence; paille mûre blanc roussâtre, creuse, à parois assez épaisses, hauteur moyenne $1^m\,40$, diamètre moyen $3^{mm}\,95$.

Feuilles vert demi-foncé, à glaucescence légère sur le limbe, marquée sur la gaine, glabres, au nombre de 8 à 9, l'avant-dernière mesure $37^{cm}\,6$ de long sur $2^{cm}\,1$ de large.

Ligule pointue, à bords frangés, présente une deuxième pointe sur l'extrémité qui surmonte la partie couvrante et la plus haute de la gaine.

Auricules de 1,5 à 2^{mm} de long et $0^{mm}\,9$ de large à la base, pointues, embrassantes, sans cils.

Epi vert clair, puis roux clair taché de noir, presque rectangulaire, moyen, aplati, élargi sur le profil, plus étroit sur la face; compacité variable, influencée par les conditions du milieu, en général élevée; les dimensions moyennes sont : longueur (rachis) $6^{cm}\,85$, largeur de la face 10^{mm}, largeur du profil 16^{mm}, densité 41.

Rachis érigé, cassant, articles courts, peu rétrécis à la base, très forte pubescence sur les côtés, aigrettes latérale et frontale très développées, poils de 2^{mm}; bourrelet fermé, à bords saillants, concaves sur la face, convexes sur le profil.

Epillets : 28 en moyenne; 4 fleurs constituées, dont 2 à 3 fertiles. Glumes roux clair, tachées de noir, moyennes, longueur 11 à 12^{mm}, largeur 5^{mm}; épaulement très court droit; dent très aiguë, longue 2 à 7^{mm}, assez large, $1^{mm}\,5$ à la base; forte pubescence sur la face externe, cils longs et raides sur la moitié inférieure de la carène, en forme d'épines sur la partie supérieure et la dent.

La face interne ne porte qu'une petite touffe de poils dans le haut du sillon carénal.

Glumelles pubescentes sur la partie non recouverte par la glume, pourvues d'une barbe, de couleur noire avec du roux dans les sillons

Blé dur Sorte A C 5

HAMIRA

latéraux et à l'extrémité, longue, étroite, épineuse et ponctuée, de direction parallèle à celle de l'épi.

Epillet terminal à glumes presque semblables, la petite pointe et le léger épaulement qu'elles présentent sont parfois plus accentués sur la deuxième, qui est aussi un peu plus longue.

Grain ambré clair doré, très beau, volumineux, légèrement aplati du côté qui est tourné vers l'axe de l'épi; sillon moyen peu profond à bords arrondis et légèrement concaves dans le sens de la longueur; brosse petite; dimensions : longueur 8^{mm} 6, largeur 3^{mm} 4; poids du grain d'un épi moyen 2 gr. 255, poids de 1.000 grains 67 gr. 5.

Cassure cornée.

II. Caractères physiologiques — Exigences culturales

Variété d'hiver, à semer aussitôt que possible, en novembre.

Bon tallage.

Epiage vers le 20 avril dans la région de Tunis.

Avortement basal de l'épi portant en moyenne sur 1 à 2 épillets.

Résistance moyenne à la verse.

Bonne résistance à la sécheresse et à l'échaudage.

Très résistant à la rouille jaune, moyennement résistant à la rouille noire lorsque les pluies surviennent à l'époque de la maturation.

Bonne résistance au piétin.

Le Hamira Ac^5 convient, comme le Biskri Ac^{10}, aux régions où il tombe moins de 450^{mm} de pluie. Il s'accommode moins bien de situations plus humides et descend plus loin vers le Centre. Il est d'ailleurs originaire du Centre de la Régence et les Indigènes cultivent dans cette région un mélange de formes différant peu de la lignée Ac^5.

III. Valeur industrielle

Ce Blé est un excellent semoulier, donnant une semoule jaune très appréciée des Indigènes, un son mince.

SOURI

Blé dur
Triticum durum Desf.
var. *hordeiforme* Host.

Lignée 141

Origine. — Le nom arabe de ce Blé semble indiquer une origine étrangère (souri = étranger); mais il est très répandu dans le Nord de la Tunisie et peut être considéré comme une variété indigène.

Le Service Botanique a sélectionné et propagé la lignée 141.

I. Caractères morphologiques

Jeune plante à port dressé.

Tiges vert clair, nœuds glabres; paille mûre blanche, presque pleine, hauteur moyenne $1^{m}40$, diamètre moyen $4^{mm}3$.

Feuilles vert foncé, glabres, au nombre de 7, l'avant-dernière mesure $14^{cm}58$ de long sur $1^{cm}85$ de large.

Ligule pointue, à bord frangé; auricules de $2^{mm}5$ de long et 0,9 à 1^{mm} de large, pointues, embrassantes, sans cils.

Epi vert clair, puis roux, rectangulaire, aplati, élargi sur le profil, plus étroit sur la face, de compacité moyenne; longueur (rachis) $7^{cm}45$, largeur de la face $8^{mm}5$, largeur du profil $11^{mm}75$, densité 30,8.

Rachis érigé, cassant, articles courts, peu rétrécis à la base, forte pubescence sur les côtés, aigrettes latérale et frontale très développées; bourrelet fermé, à bords saillants, concaves sur la face, convexes sur le profil.

Epillets : 23 en moyenne; 4 fleurs constituées, dont 2 à 3 fertiles. Glumes rousses, longueur 11^{mm}, largeur 5^{mm}, épaulement très étroit, légèrement élevé, fait souvent défaut, dent aiguë, courte, ne dépassant pas 2^{mm}, assez large, courbée en dedans. Face externe portant une légère pubescence à la base et sur le tiers inférieur de l'aile tournée vers l'axe de l'épi; le bord des deux ailes est garni, à la partie inférieure, de cils très courts, la carène est pourvue d'épines variant de longueur de la base au sommet; la nervure secondaire, qui limite l'épaulement, porte aussi des épines très courtes.

La face interne présente une touffe de poils sur le haut du sillon carénal.

Glumelles pourvues d'une barbe de couleur rousse, longue, étroite, ponctuée et très épineuse, parallèle à la direction de l'épi.

Epillet terminal à glumes à peu près semblables; la première est seulement un peu plus courte.

Blé dur Sorte 141

SOURI

Grain ambré, moyen, aplati du côté qui est tourné vers l'axe de l'épi; sillon large, peu profond à bords anguleux et légèrement concaves au milieu dans le sens de leur longueur; brosse petite; longueur 7^{mm} 9, largeur 3^{mm} 4; poids du grain d'un épi moyen 1 gr. 75, poids de 1.000 grains 53 gr. 5.

Cassure cornée.

Le Souri, autrefois très cultivé dans la vallée de la Medjerdah et la région de Béja, a cédé la place aux variétés décrites précédemment. Il est assez sujet à l'échaudage et au piétin et sa valeur comme semoulier est inférieure à celle des Biskri, Hamira, Mahmoudi et Sbéi.

Aucune lignée pure ne se trouve plus en multiplication chez les producteurs de semences pédigrées.

MEKKI

Blé dur
Triticum durum Desf.
var. *apulicum* Körn.

Lignée 13

Origine. — Variété indigène, se trouve en petite quantité en mélange avec l'Adjini dans la région de Téboursouk. Forme très répandue au Maroc. Le Blé Adjini lui ressemble beaucoup, mais possède des glumes blanches et non rousses.

I. Caractères morphologiques

Jeune plante à port érigé.

Tiges vert foncé, glaucescentes, portant une courte pubescence sur les nœuds; paille mûre légèrement rousse, pleine, élevée : 1^{m} 55 en moyenne; le diamètre moyen, pris au milieu de l'avant-dernier entre-nœud, est de 4^{mm}.

Feuilles vert foncé, glaucescentes, glabres, au nombre de 8 ou 9, dont l'avant-dernière mesure 34^{cm} 10 de long et 1^{cm} 78 de large.

Ligule pointue, à bord frangé.

Auricules de 2,5 à 3^{mm} de long sur 0,8 à 0^{mm} 9 de large, pointues, embrassantes, non ciliées.

Epi vert foncé, puis roux taché de noir, court, aplati, très compact; les dimensions moyennes sont : longueur 5^{cm} 35, largeur de la face 1^{cm} 1, largeur du profil 1^{cm} 8, densité 45,2.

Rachis érigé, cassant, à articles très courts, très peu rétrécis à la base, pubescence moyenne sur les bords, aigrettes latérale et frontale bien développées, bourrelet saillant, très échancré du côté du deuxième épillet, formant un petit éperon du côté du premier épillet.

Epillets : 24 en moyenne, 4 ou 5 fleurs constituées, dont 3 fertiles, parfois 4, mais dans le milieu de l'épi seulement.

Glumes vert foncé, légèrement glaucescentes, puis rousses tachées de noir à maturité; dimensions moyennes, 11^{mm} de long, 5^{mm} de large; velues sur la face externe, la face interne ne porte qu'une touffe de poils courts vers le haut du sillon carénal; épaulement très court, élevé, dent aiguë, 2 à 4^{mm}, courbée en dedans.

Glumelles rousses et pubescentes sur la partie non recouverte, blanches sur l'autre partie, surmontées par une barbe noire à sillons latéraux roux, ainsi que l'extrémité, velue à la base, épineuse et ponctuée ensuite, dont la direction est légèrement divergente de celle de l'épi.

Blé dur Sorte 13

MEKKI

Epillet terminal à glumes peu différentes, la première est seulement plus courte, toutes les deux ont le bord supérieur concave.

Grain ambré clair, court, étroit, aplati du côté tourné vers l'axe de l'épi; sillon large, peu profond, à bords anguleux, droits dans le sens de la longueur; brosse petite; longueur $7^{mm}4$, largeur $2^{mm}9$, poids de 1.000 grains 33 gr. 5.

Cassure cornée, claire.

Les Mekkis, dont plusieurs lignées, originaires de Tunisie et du Maroc, ont été livrées à la grande culture par le Service Botanique, n'ont pas gagné la faveur des agriculteurs tunisiens. Leurs épis un peu courts, leur grain moins volumineux que ceux des autres variétés, semblent les avoir fait mal juger.

Aucune lignée pure ne se trouve plus en multiplication chez les producteurs de semences pédigrées.

KAHLA

Blé dur

Triticum durum Desf.
var. *cœrulescens* Bayle.

Lignée 224

Origine. — Variété indigène dont le Service Botanique a sélectionné la lignée 224, parmi les nombreuses formes que l'on trouve, à l'état dispersé, dans les cultures indigènes du Nord et du Centre de la Tunisie.

I. Caractères morphologiques

Jeune plante à port érigé.

Tiges vert clair, nœuds glabres; paille mûre blanche, creuse, à parois épaisses, hauteur moyenne 1^{m} 25, diamètre moyen 4^{mm}, très fine dans le dernier entre-nœud.

Feuilles vert foncé, glaucescentes, au nombre de 8, dimensions de l'avant-dernière 37^{cm} de long sur 1^{cm} 7 de large.

Ligule pointue, frangée sur le bord, présente une deuxième pointe sur une extrémité.

Auricules de 1^{mm} 7 à 2^{mm} de long et 0^{mm} 7 de large à la base, plutôt divergentes, sans cils.

Epi vert pruiné, puis noir violacé taché de blanc, pyramidal, court, aplati, élargi sur le profil, face plus étroite, très compact; longueur (rachis) 5^{cm} 97, largeur de la face 0^{mm} 83, largeur du profil 12^{mm} 3, densité 40.

Rachis érigé, cassant, articles courts peu rétrécis à la base, pubescence moyenne sur les côtés, aigrettes latérale et frontale bien développées; bourrelet fermé, droit.

Epillets : 24 en moyenne; 3 fleurs constituées, dont 2 fertiles; 4 ou 5 épillets fréquemment avortés à la base de l'épi.

Glumes noir violacé tachées de blanc, allongées, 9 à 12^{mm} de long, 4 à 5^{mm} de large, épaulement très court, élevé, fait souvent défaut; dent très aiguë, longue 4 à 5^{mm}, large 1^{mm} 5 à la base; carène très prononcée, épineuse; face externe pubescente, la face interne porte des poils courts à la partie supérieure du sillon carénal.

Glumelles noires sur la partie non recouverte par la glume, blanche sur l'autre, portant une barbe noire de longueur moyenne, ponctuée et épineuse, dont la direction est parallèle à celle de l'épi.

Epillet terminal à glumes peu différentes, munies d'une pointe et d'une légère carène, quelquefois plus accentuées sur la deuxième.

Grain ambré, court, renflé; sillon étroit peu profond à bords droits

Blé dur Sorte 24

KAHLA

dans le sens de la longueur, brosse petite; longueur 7mm 2, largeur 3mm 5, poids du grain d'un épi moyen 1 gr. 87, poids de 1.000 grains 43 grammes.

Cassure cornée, claire.

Le Kahla a été peu cultivé en Tunisie. Son rendement et les qualités de son grain le classent après les quatre premières variétés décrites.

Aucune lignée pure de ce Blé ne se trouve plus en multiplication chez les producteurs de semences pédigrées.

JENAH-KHETIFAH

Blé dur
Triticum durum Desf. · Lignée 1
var. *cœrulescens* Bayle.

Origine. – Variété indigène dont le Service Botanique a sélectionné la lignée 1 parmi de nombreuses formes.

I. Caractères morphologiques

Jeune plante à port érigé.

Tiges vert clair, légèrement glaucescentes, nœuds portant une courte pubescence; paille mûre blanche, pleine, haute, 1m 50 en moyenne; le diamètre moyen, pris au milieu de l'avant-dernier entre-nœud, est de 4mm.

Feuilles vert clair à glaucescence légère sur le limbe, plus marquée sur la gaine, glabres, au nombre de 8 ou 9, dont l'avant-dernière mesure 37cm de long et 1cm 67 de large.

Ligule à pointe très peu accentuée, frangée.

Auricules de 2,5 à 3mm de long sur 0mm 7 de large, pointues, embrassantes, sans cils.

Epi vert clair, puis noir violacé, sur fond roux à peine visible; allongé, étroit, légèrement effilé; les dimensions moyennes sont : longueur 10cm 3, largeur de la face 0cm 8, largeur du profil 1cm 16; densité 22,7, faible si on la compare à celle des autres Blés durs.

Rachis érigé, moins cassant que celui des autres variétés, à articles rétrécis à la base, très forte pubescente sur les bords latéraux et la couronne, aigrettes latérale et frontale très développées, 3mm de longueur; bourrelet droit, fermé, à côtés convexes sur le profil.

Epillets : 24 en moyenne; 3 fleurs constituées, dont 2 fertiles.

Glumes vert clair, légèrement glaucescentes, puis noir violacé sur fond roux, peu visible à maturité; moyennes, les dimensions sont : 10 à 11mm de long sur 4 à 5mm de large; forte pubescence sur la face externe, sur la face interne poils courts et peu fournis dans le sillon carénal; épaulement très étroit oblique, fait le plus souvent complètement défaut, dent courte aiguë, courbée en dedans.

Glumelles noires et pubescentes sur la partie non recouverte, blanches et glabres sur l'autre partie, surmontées par une barbe noire, velue à la partie inférieure, puis épineuse et ponctuée, parallèle à la direction de l'épi.

Epillet terminal à glumes peu différentes, la première est seule-

Blé dur Sorte 1

JENAH RHETIFAH

ment plus courte et plus large; toutes les deux ont le bord supérieur concave.

Grain ambré clair, moyen, longueur 8mm 3, largeur 3mm 1; le poids du grain d'un épi moyen est 2 gr. 71, 1.000 grains pèsent 43 gr.; ce grain est légèrement aplati du côté qui est tourné vers l'axe de l'épi; le sillon est large, peu profond, à bords droits et aigus, la brosse est petite.

Cassure cornée claire.

Le Jenah-Rhetifah est rarement rencontré à l'état de culture pure ou tout au moins à peu près pure. Il se trouve en mélange, dans de faibles proportions, dans les cultures indigènes. Sa couleur et sa haute paille, qui attirent l'attention, ont parfois engagé des cultivateurs français ou indigènes à le sélectionner. Il se montre peu apte au tallage, disposé à la verse; son grain est à son épais. La hauteur de la paille est un inconvénient pour la récolte à la moissonneuse-batteuse et même à la lieuse.

Aucune lignée pure de ce Blé ne se trouve plus en multiplication chez les producteurs de semences pédigrées.

HUGUENOT BARIOLÉ

Blé dur
Triticum durum Desf.
var. *australe* Perciv.

Lignée 363

Origine. — La lignée 363 est une des nombreuses formes tirées par le Service Botanique de la descendance extrêmement complexe et instable du Blé Huguenot, hybride interspécifique spontané entre *Triticum durum* et *Triticum vulgare*, dont deux épis furent introduits d'Australie en 1918.

I. Caractères morphologiques

Jeune plante à port érigé.

Paille mûre blanche, presque pleine, haute, de grosseur moyenne.

Epi noir violacé sur fond blanc, glauque, long, élargi sur le profil, plus étroit sur la face, assez compact; les dimensions moyennes sont : longueur (rachis) 9^{cm} 1, largeur de la face 8^{mm} 5, largeur du profil 12^{mm} 3, densité 28.

Rachis érigé, cassant, articles peu rétrécis à la base, plus larges à la base qu'au sommet de l'épi; pubescence latérale forte; aigrettes à poils très fournis et très longs, parfois autant que l'article; bourrelet fermé à bords saillants concaves sur la face, avec une légère pointe du côté du premier épillet, convexes sur le profil.

Epillets : 28 en moyenne, 4 fleurs, dont 2 ou 3 fertiles.

Glumes noir violacé sur fond blanc, pruinées, longues de 11 à 12^{mm} sur 5^{mm} de large; épaulement très court en forme de pointe, dent courte mousse, carène marquée, épineuse surtout dans la partie inférieure; la face externe porte des poils raides assez longs à la base des deux ailes et le long des bords; sur la face interne on trouve une légère pubescence dans le sillon carénal.

Glumelles noires plus ou moins tachées de blanc sur la partie non recouverte, pourvues d'une pointe dont la longueur varie sur le même épi de 0^{mm} 8 à celle d'un rudiment de barbe.

Epillet terminal à glumes dissemblables, la première est plus courte et porte une petite dent, la deuxième présente un bord supérieur échancré.

Grain ambré ressemblant à celui du Jenah-Rhetifah.

Le Huguenot, introduit d'Australie, a donné par sa disjonction environ un millier de formes distinctes : Blés durs, Blés tendres, formes intermédiaires durelloïdes et speltoïdes.

Blé dur Sorte 363

HUGUENOT BARIOLÉ

De nombreuses lignées de Blé dur sans barbes, correspondant à tous les types de Blé dur de Tunisie, ont été sélectionnées par le Service Botanique pendant près de dix ans. Aucune ne s'est montrée stable. La lignée 363, qui était plus précoce d'environ huit jours que les autres Blés durs, s'était montrée productive, mais présentait l'inconvénient de se rompre au dernier nœud par vent violent, à l'époque de la maturité.

Elle aurait pu présenter de l'intérêt comme Blé-fourrage à ensiler (emploi courant en Australie) en raison de sa grande taille et de sa paille très rigide à l'état vert.

Cette variété n'est presque plus cultivée.

AGILI

Blé dur
Triticum durum Desf.
var. *affine* Körn.

Lignée 171

Origine. — Introduit du Maroc en 1913, représentait un mélange de plusieurs formes dont le Service Botanique a sélectionné la lignée 171.

I. Caractères morphologiques

Jeune plante à port érigé.

Tiges vert clair, sans glaucescence; paille mûre blanche, pleine, hauteur moyenne 1^{m}, diamètre moyen 3^{mm} 1.

Feuilles au nombre de 7 ou 8, vert demi-foncé, étroites, glabres, sauf à la partie inférieure du limbe, où l'on trouve, sur les bords, quelques cils longs et raides.

Ligule à bord frangé, ne présente qu'une petite pointe au milieu, ressemble à celle des Blés tendres.

Auricules de 1^{mm} 7 de long sur 0,8 à 0^{mm} 9 de large, pointues, embrassantes, garnies de cils raides et longs sur les bords.

Epi vert clair, puis blanc, cylindrique, allongé, lâche: longueur (rachis) 8^{cm} 5, largeur de la face 9^{mm} 7, du profil 9^{mm} 8, densité 25,8.

Rachis érigé, souple, articles allongés, rétrécis à la base, pubescence moyenne sur les côtés, aigrettes latérale et frontale assez fortes; bourrelet fermé, à bords saillants convexes sur le profil, formant un éperon sur la face du côté du premier épillet, concave du côté opposé.

Epillets : 22 en moyenne, 4 fleurs constituées, dont 2 ou 3 fertiles. Glumes blanches, 9 à 10^{mm} de long, 4 à 5^{mm} de large, épaulement étroit, élevé, dent aiguë, longueur variant de la base au sommet de 2 à 4^{mm}, largeur de 0,9 à 1^{mm} à la base de la dent; carène très accentuée; poils raides et courts sur le bord des ailes, les nervures et la carène; la face interne porte des poils très courts et peu fournis à la base et dans la gouttière carénale.

Glumelles blanches, pourvues d'une barbe de couleur blanche, longue, ponctuée et très épineuse, dont la direction est parallèle à celle de l'épi.

Glumes de l'épillet terminal à bord supérieur échancré, caractère plus accentué sur la première.

Grain roux, moyen, aplati du côté qui est tourné vers l'axe de l'épi, sillon large et peu profond à bords droits, brosse petite; longueur

Blé dur Sorte 171

AGILI

8mm, largeur 3mm 05, poids du grain d'un épi moyen 1 gr. 55, poids de 1.000 grains 47 gr. 2.

Cassure cornée.

L'Agili 171 n'a été cultivé que dans quelques exploitations de Tunisie, où il était estimé pour sa paille courte, très souple, qui le rendait réfractaire à la verse, pour sa bonne productivité et sa grande résistance à la sécheresse.

Malheureusement, son grain roux, de couleur terne, sujet au mitadinage dans les régions fraîches, n'était pas apprécié du commerce. Il a été abandonné.

Ce Blé fait partie d'un groupe spécial, à paille et feuilles peu développées, à épi étroit, ayant un peu l'apparence des Blés tendres et leur résistance à la sécheresse. Ce groupe se rapproche du *Triticum persicum* Vav. et pourra fournir des géniteurs intéressants et peut-être des variétés à cultiver telles quelles, à la condition d'en trouver à grain blanc de bonne valeur industrielle. Cette recherche est en cours.

8. **Blés tendres**

Le Blé tendre n'était pas cultivé par les Indigènes. Ceux-ci sont consommateurs de semoule et n'utilisent dans leur alimentation que le Blé dur. Les cultures indigènes de Blé dur contiennent toutefois une certaine proportion de Blé tendre qui dépasse souvent 10 % et que nous avons vu atteindre jusqu'à 50 % dans certaines régions du Centre. Ces formes de Blé tendre, désignées sous le nom de « Babous el Brel » (queue de mulet) en raison de la forme de l'épi, sont toutes barbues, de couleur blanche, rousse ou violacée, à barbes blanches, rousses ou teintées de noir, à grain blanc ou roux. Elles appartiennent donc à un assez grand nombre de variétés botaniques et proviennent probablement des impuretés des Blés introduits pour l'alimentation ou comme semences. Beaucoup de ces formes ont des grains durcis et cornés dans la partie périphérique de l'amande. Leur sélection ne nous a fourni aucune sorte méritant de passer dans la culture. Leur description ne présenterait donc aucun intérêt.

Leur rapide multiplication au milieu des Blés durs indigènes, le fait que les cultures européennes de Blés durs se laissent rapidement envahir par les Blés tendres, si l'on ne veille pas à leur épuration, fournissent la preuve que les Blés tendres se développent très bien sous le climat nord-africain. Cette constatation nous a incité à développer la culture du Blé tendre en Tunisie.

Les premières tentatives des agriculteurs français, portant sur des variétés de la Métropole, ont échoué, parce que ces variétés sont trop tardives, même celles des régions méridionales, et sont très exposées à l'échaudage. Elles sont également sujettes à l'égrenage. L'introduction du *Blé de Mahon*, cultivé en Algérie, a permis, il y a une vingtaine d'années, d'entreprendre la culture du Blé tendre en Tunisie. Le Service Botanique a propagé depuis des variétés d'origine australienne : *Richelle*, *Baroota*, *Florence* et un Blé de Mésopotamie, l'*Irakié*, puis des hybrides nouveaux, qui commencent à entrer en grande culture. Dans le choix de ces Blés nous avons été guidé par le souci de trouver des formes très précoces permettant d'obtenir un rendement meilleur et mieux assuré, ainsi qu'une plus haute valeur boulangère.

Ces Blés ont rapidement conquis l'estime des agriculteurs européens, et la surface qu'ils occupent est actuellement supérieure à celle consacrée au Blé dur, dans l'ensemble de leurs exploitations. Les Indigènes commencent également à les adopter pour la partie de leur production destinée à la vente.

Ces variétés sont représentées par des lignées pures dont nous donnons ci-après la description complète, les exigences culturales et la valeur industrielle.

MAHON

Blé tendre
Triticum vulgare Host.
var. *graecum* Körn.

Lignées 124 et 73

Origine. — Variété introduite d'Algérie. Représentait un mélange de plusieurs formes dont le Service Botanique a sélectionné la lignée 124, mise en distribution en 1910. Est actuellement l'objet d'une nouvelle sélection, pour la séparation d'une forme différente dans la couleur de l'épi.

I. Caractères morphologiques

Jeune plante à port érigé, les tiges secondaires s'écartent peu de la tige principale à la base.

Tiges vert clair, légèrement glaucescentes, nœuds glabres. Paille mûre blanche, creuse, à parois assez épaisses; hauteur moyenne 1^{m} 25, diamètre moyen 3^{mm} 6.

Feuilles vert clair, légèrement glaucescentes, glabres. Le nombre est de 7 ou 8, l'avant-dernière mesure en moyenne 34^{cm} de long sur 1^{cm} 50 de large. Le port du feuillage est érigé.

Ligule rectangulaire à bord frangé.

Auricules de 2^{mm} à 3^{mm} de long sur 1^{mm} de large, pointues, embrassantes, pourvues de cils longs, nombreux, 20 à 24, et fragiles, qui se prolongent sur la base du limbe.

Epi rectangulaire, à section presque carrée, vert clair, puis blanc.

Longueur moyenne (rachis) 102^{mm}, densité moyenne 19,6. Rachis mince, droit, articles peu rétrécis à la base; ils portent sur leurs bords latéraux des poils assez longs et très fournis réunis en aigrette à la partie supérieure; la couronne terminale est également garnie de poils abondants, formant au milieu une troisième aigrette.

L'axe de l'épillet porte des poils courts et peu denses.

Epillets : nombre moyen 20; 3 fleurs constituées, dont la troisième avorte régulièrement; deux grains.

Glume blanche, glabre sur la face externe, sauf à la partie inférieure des bords, où elle porte des poils raides et longs, répartis sur 1^{mm} environ.

La face interne présente sur le tiers supérieur des poils nombreux, plus denses dans le sillon carénal; vers le tiers inférieur, l'empreinte est parsemée de poils rares et très courts.

La glume est longue et étroite à épaulement très court, la dent, allongée, aiguë, ressemble à une courte barbe.

La glumelle inférieure porte une barbe étroite, épineuse, aplatie dans la moitié inférieure, où elle présente deux sillons latéraux. La longueur varie de 4 à 10^{cm} de la base au sommet de l'épi. Les barbes divergent latéralement en forme d'étroit éventail.

Epillet terminal à glumes à peu près semblables, dépourvues de carène et de dent.

Grain blanc, moyen, allongé, 7^{mm} 75 × 3^{mm} 2; le poids du grain d'un épi moyen = 1 gr. 404, 1.000 grains pèsent 56 gr. 6. Sillon assez large à bords arrondis, profond, brosse moyenne.

Aspect extérieur glacé, texture farineuse.

II. Caractères physiologiques — Exigences culturales

Variété d'hiver, peu précoce, à semer dès le début des semailles.

Très bon tallage qui lui permet de couvrir rapidement le sol et d'étouffer les mauvaises herbes. Verse en herbe peu fréquente.

Epiage vers le 18 avril dans la région de Tunis.

Avortement basal des épis portant sur une moyenne de 5 épillets. Glumes assez solides, se détachant parfois à la complète maturité, lorsque le vent entre-choque les épis, par accrochage des barbes.

Bonne résistance à l'humidité. En terre riche et fraîche, il verse facilement après l'épiage, ce qui limite sa productivité et n'a pas permis sa culture dans le Nord de la Tunisie. La lignée 73 verse un peu moins que la lignée 124.

Résistance moyenne à la sécheresse et à l'échaudage, parfois diminuée par une densité trop grande de la culture et un développement exagéré de la paille.

Bonne résistance à la rouille jaune, grande susceptibilité à la rouille noire tardive, lorsque des pluies surviennent pendant la maturation.

Sensible au charbon, qui détruit les épis.

Bonne résistance au piétin.

Le Mahon, en raison de sa rusticité, de sa tendance à un grand développement, a rendu de grands services lors de l'introduction de la culture du Blé tendre en Tunisie, car il convient aux terres de fertilité moyenne ou médiocre, incomplètement nettoyées de mauvaises herbes. Il n'a pu conquérir les terres fraîches du Nord, où il est trop exposé à la verse; il disparaît, pour la même raison, des exploitations qui ont accru la fertilité de leurs terres par une bonne préparation.

Blé tendre

Sorte 124

MAHON

III. Valeur industrielle

Grain de gros volume et de bel aspect, souvent glacé à la surface, à son un peu épais, à farine blanche.

Indices obtenus à l'extensimètre Chopin :

Lignée	Provenance	Date de l'essai	Ténacité	Gonflement	Travail
Mahon 124	Service Botanique 1930	Août 1930	34,1	18,2	48,5
id.	Service Botanique 1930	Nov. 1930	39,0	17,2	56,5
Mahon 73	Sihana 1929.....	Août 1930	73,8	14,8	101,6
id.	Henchir-Lebna 1929..	id.	60,8	15,2	100,6
id.	Service Botanique 1930	id.	44,0	14,2	34,7
id.	Fedjet-Khemakhem 1930	id.	42,1	12,1	42,0
id.	Ferryville 1930.....	id.	42,7	18,1	63,4
id.	Henchir-Lebna 1930..	id.	35,1	13,9	41,4

Il peut être conservé pour la consommation sur place, mais doit être remplacé, à l'exportation, par des variétés de valeur boulangère plus élevée.

BAROOTA

Blé tendre
Triticum vulgare Host.
var. *albidum* Al.

Lignée 52

Origine. — Introduit d'Australie en 1913.

Représentait un mélange de plusieurs formes dont le Service Botanique a sélectionné une lignée mise en distribution en 1923. Est actuellement l'objet d'une nouvelle sélection pour la séparation d'une forme un peu différente du type 52.

I. Caractères morphologiques

Jeune plante à port semi-étalé, les tiges secondaires font avec la tige principale un angle presque droit à la base et se relèvent ensuite.

Tiges vert clair, glaucescentes; nœuds portant une très courte pubescence; paille mûre blanche, hauteur moyenne $1^{m}\,25$, diamètre moyen $3^{mm}\,5$, creuse dans toute sa longueur, très peu de moelle.

Feuilles, 6 ou 7, vert foncé, glaucescentes sur la gaine et la partie inférieure du limbe, glabres. Dimensions de l'avant-dernière $35^{cm} \times 1^{mm}\,5$. Ligule rectangulaire à bord frangé.

Auricules de 2,5 à 3^{mm} de long sur 0,8 à $0^{mm}\,9$ à la base, pointues, pourvues de 4 ou 5 cils longs, raides et fragiles, embrassantes dans le jeune âge, ensuite parallèles.

Epi cylindrique, effilé au sommet, vert clair, puis blanc ivoire; recourbé en crosse à maturité.

Longueur moyenne 95^{mm}, densité moyenne 19,9. Rachis mince, infléchi, base des articles peu rétrécie dans la moitié inférieure de l'épi, nettement étroite dans la moitié supérieure; pubescence des bords et de la couronne faible, aigrettes peu marquées.

L'axe de l'épillet est également pubescent sur la face externe et sur ses bords.

Epillets : nombre moyen 19; 2 ou 3 épillets de la base fréquemment avortés; 3 fleurs constituées, dont 2 seulement sont régulièrement fertiles.

Glume blanche, glabre sur la face externe, sauf dans la partie inférieure des bords, où elle porte des cils raides et assez longs, répartis sur 1^{mm} de hauteur; face interne pubescente dans le tiers supérieur; sur le tiers inférieur, l'empreinte est parsemée de poils extrêmement courts et peu nombreux.

Dimensions moyennes, épaulement droit, demi-large; dent courte, de largeur moyenne, mousse et droite.

Blé tendre Sorte 52

BAROOTA

Glumelle inférieure terminée par une dent courte, étroite, aiguë légèrement courbée en dedans; dans la partie supérieure de l'épi, une quelconque des deux premières glumelles, de chaque épillet, porte une pointe de 2 à 5mm, étroite, très aiguë, inclinée vers l'intérieur. Cette pointe n'occupe pas une position régulière d'un épillet à l'autre.

Epillet terminal à glumes dissemblables; la première, plus courte et plus large, dépourvue de carène, se termine en forme de V; la deuxième, également dépourvue de carène et de dent, finit en pointe.

Grain blanc, arrondi, renflé; le poids du grain d'un épi moyen est de 1 gr. 26; 1.000 grains pèsent 51 grammes.

Sillon moyen, assez profond, à bords arrondis, brosse petite. Cassure farineuse, un peu cornée à la périphérie, dans les régions sèches.

II. Caractères physiologiques — Exigences culturales

Variété d'hiver, peu précoce, à semer dès le début des semailles.

Bon tallage qui lui permet de recouvrir rapidement le sol et provoque parfois une verse en herbe, momentanée, disparaissant lors de la montée des tiges.

Epiage vers le 20 avril dans la région de Tunis.

Avortement basal des épis portant en moyenne sur 3 à 5 épillets.

Partie supérieure de l'épi se desséchant parfois sous l'action de grands vents soufflant au moment de l'épiage.

Glumes assez fragiles se détachant facilement, ce qui provoque l'égrenage par vents violents, à l'époque de la maturité.

Bonne résistance à l'humidité et à la verse tardive, qui a permis sa culture dans les régions fertiles du Nord.

Résistance satisfaisante à la sécheresse et à l'échaudage.

Bonne résistance à la rouille jaune, résistance moyenne à la rouille noire.

Bonne résistance au piétin.

Le Baroota 52 peut être cultivé avantageusement dans toutes les régions recevant au moins 350mm de pluie. Il est actuellement le mieux adapté aux régions humides en raison de sa résistance relative à la verse et aux rouilles. Il est à déconseiller dans les situations littoraliennes exposées à des vents violents à l'époque de la maturité.

Il a donné des rendements dépassant souvent 20 quintaux en 1929 et 1930.

III. Valeur industrielle

Le grain, de bel aspect, est apprécié de la minoterie pour son rendement en farine de belle couleur blanche.

Indices obtenus à l'extensimètre Chopin en 1930 :

Provenance	Date de l'essai	Ténacité	Gonflement	Travail
Service Botanique	Août 1930	49,0	15,7	82,5
	Novembre 1930	41,3	19,2	121,4
Cap-Bon	Novembre 1930	63,5	29,0	155,3
Djebel-Mansour	Novembre 1930	76,6	17,2	172,9

Ce Blé peut être panifié seul, sans addition de Blé de force, à la condition de ne l'utiliser que trois à quatre mois après la récolte.

RICHELLE

Blé tendre
Triticum vulgare Host.
var. *albidum* Al.

Lignée 110

Origine. — Variété introduite d'Australie à l'état d'impureté dans un lot de Tuzelle Allora. Sélectionnée par le Service Botanique et mise en distribution en 1912.

I. Caractères morphologiques

Jeune plante à port érigé, les tiges secondaires s'écartent peu de la tige principale à la base.

Tiges vert clair, légèrement glaucescentes, nœuds glabres.

Paille blanche, demi-pleine; ce caractère est variable, on peut trouver tous les intermédiaires jusqu'à la paille creuse à parois minces; hauteur moyenne $1^{m}\,25$, diamètre moyen $4^{mm}\,2$.

Feuilles vert cru, légèrement glaucescentes, à gaine pubescente; le nombre varie de 6 à 7; longueur de l'avant-dernière 31^{cm}, largeur $1^{cm}\,60$; le port est semi-érigé.

Ligule rectangulaire à bord frangé.

Auricules de 2^{mm} de long sur $0^{mm}\,8$ à 0,9 de large, pointues, embrassantes, pourvues sur le bord de cils longs et fragiles assez nombreux, 14 ou 15, qui se prolongent sur les bords inférieurs du limbe.

Epi fusiforme, régulièrement effilé vers le bas et vers le haut à partir du milieu, légèrement plus étroit sur le profil, vert cru puis blanc rosé; longueur très variable, de 10 à 15^{cm}, facilement influencée par le milieu; de nombreuses mesures du type d'épi le plus commun ont donné 11^{cm} pour la longueur du rachis. Densité moyenne 19,7.

Rachis mince, droit, articles peu rétrécis à la base, pubescents sur les côtés et sur la couronne; les poils sont courts, les aigrettes latérales peu marquées.

L'axe de l'épillet porte des poils courts plus fournis sur les bords.

Epillets : nombre moyen 23; ce chiffre, comme celui de la longueur de l'épi, est très variable, d'autant plus que ce Blé présente souvent des épillets supplémentaires plus ou moins développés au-dessous des épillets normaux.

4 fleurs constituées, dont la quatrième avorte régulièrement, 3 grains dans la partie médiane de l'épi, 2 aux extrémités.

Glumes blanches, glabres sur la face externe, que surmonte l'épaulement, la face tournée vers le rachis porte des poils très courts sur

1mm environ à partir du bord et sur toute sa longueur; il existe, en outre, une touffe de longs cils sur chaque bord, à la base.

La face interne est pubescente sur son tiers supérieur, les poils sont plus nombreux et plus longs dans le sillon carénal; sur le tiers inférieur, l'empreinte porte des poils très courts et peu denses.

La glume est longue et étroite, à épaulement droit, moyen; dent étroite, aiguë, courte, droite.

La glumelle inférieure est terminée par une dent semblable à celle de la glume, mais légèrement plus longue.

Epillet terminal à glumes dissemblables : la première est plus courte, dépourvue de dent et de carène et terminée en pointe; la deuxième, plus longue, présente une carène et une dent, mais peu accentuées.

Grain blanc ovale, 6mm 9 × 3mm 5, le poids du grain d'un épi moyen = 1 gr. 9; 1.000 grains pèsent 41 grammes.

Sillon large, de profondeur moyenne, à bords arrondis, brosse bien développée.

Aspect extérieur blanc mat, texture très farineuse.

...

II. Caractères physiologiques — Exigences culturales

Variété d'hiver, demi-précoce, à semer dès le début des semailles, parce que la jeune plante est peu vigoureuse, souffre du froid et de l'humidité, qui réduisent l'enracinement et le tallage.

Tallage normal, sous la réserve ci-dessus. Feuillage peu développé. Ce Blé se défend mal contre les mauvaises herbes, doit être réservé aux terres propres se ressuyant facilement.

Epiage vers le 10 avril dans la région de Tunis.

Avortement basal des épis portant sur une moyenne de 2 à 4 épillets.

Glumes très solides, empêchent complètement l'égrenage et rendent même le battage difficile pour supprimer les grains vêtus.

Bonne résistance à la verse, en raison du gros diamètre de la paille et du faible développement des feuilles.

Bonne résistance à la sécheresse et à l'échaudage.

Résistance remarquable à la rouille jaune et à la rouille noire.

Bonne résistance au charbon.

Bonne résistance au piétin.

La Richelle 110, par sa précocité, sa grande résistance à la sécheresse et sa sensibilité à l'humidité hivernale, convient surtout aux coteaux de la vallée de la Medjerdah, aux plaines situées au sud de cette vallée, aux régions du Centre et même du Sud. On l'a cultivée

Blé tendre

Sorte 110

RICHELLE HATIVE

avec succès jusqu'à Zarzis. Sa disposition à augmenter les dimensions des épis proportionnellement à la fertilité du sol lui permet de réussir dans les situations les plus diverses, pourvu que le terrain ne soit pas enherbé.

III. Valeur industrielle

Grain de petit volume, très blanc, farineux, écorce très mince. Haut rendement en farine, celle-ci très blanche.

Indices obtenus à l'extensimètre Chopin en 1930 :

Provenance	Date de l'essai	Ténacité	Gonflement	Travail
Service Botanique 1930.....	août 1930	74,6	14,4	108
Service Botanique 1930.....	nov. 1930	76,9	15	122
Ecole Coloniale d'Agr. 1930.	—	104,1	13,5	152,4
El-Akhouat..	—	67,1	13,8	90,7

La pâte de la Richelle manque d'élasticité. Ce Blé gagne à être panifié en mélange avec une autre variété plus extensible, comme le Florence. A réserver pour la consommation locale.

FLORENCE

Blé tendre
Triticum vulgare Host.
var. *albidum* Al.

Lignée 135

Origine. — Variété introduite d'Australie en 1920. Issue d'un croisement complexe, dû à M. Farrer.

I. Caractères morphologiques

Jeune plante à port semi-érigé, les tiges secondaires très rapprochées de la tige principale à la base, sur quelques centimètres, s'en écartent ensuite sensiblement.

Tiges vert clair, glaucescentes; nœuds portant des poils très courts et fragiles. Paille mûre blanche, creuse, à parois minces, ayant 1^{m} 15 de hauteur moyenne et 4^{mm} de diamètre moyen.

Feuilles vert foncé, glaucescentes, à gaine très velue, les poils sont moins denses sur le limbe, qui porte aussi des cils raides et longs sur les bords inférieurs, dans la partie voisine des auricules.

Le nombre varie de 6 à 7, les dimensions de l'avant-dernière sont : 26^{cm} 70 de long et 1^{cm} 45 de large; le port est érigé.

Ligule rectangulaire à bord frangé.

Auricules de 2^{mm} de long sur 0,9 à 1^{mm} de large, pointues, embrassantes, pourvues de 17 à 20 cils longs et raides.

Epi cylindrique, légèrement effilé, vert sombre, puis blanc.

Longueur moyenne (rachis) 98^{mm}, densité moyenne 19,4.

Rachis mince légèrement infléchi; les articles sont nettement rétrécis à la base, ils portent sur leurs bords latéraux des poils raides, peu développés, formant une petite aigrette à la partie supérieure de chaque côté de la couronne.

L'axe de l'épillet est couvert, sur sa face externe, de poils courts et très fournis.

Epillets : nombre moyen 19, 4 fleurs constituées, dont la quatrième avorte régulièrement, 3 grains dans la partie médiane de l'épi, 2 aux extrémités.

Glumes blanches, glabres sur la face externe, sauf dans la partie inférieure de leurs bords, où elles portent des poils raides assez longs, sur 1^{mm} environ de hauteur.

La face interne présente des poils courts et denses dans la gouttière carénale et d'autres, rares et extrêmement courts, sur l'empreinte.

Les glumes sont de dimension moyenne, légèrement ballonnées,

Blé tendre Sorte 135

FLORENCE

l'épaulement est droit, large, la dent courte, large, mousse et droite.

Glumelles inférieures pourvues d'une arête, dont la longueur varie de 5 à 15mm, de bas en haut de l'épi; cette arête est portée par une seule des glumelles de chaque épillet, et sa position n'est pas régulière d'un épillet à l'autre.

Les glumelles des premiers épillets ne portent qu'une dent aiguë, courbée en dedans.

Epillet terminal à glumes dissemblables. La première glume est plus courte et dépourvue de carène, le bord supérieur est concave. La deuxième glume est plus étroite et plus longue, elle se termine par un bord supérieur droit, sans dent ni carène.

Grain blanc, moyen, renflé; 7mm 1 × 3mm 7, le poids du grain d'un épi moyen est de 1 gr. 375; 1.000 grains pèsent 46 gr. 9.

Le sillon est large, peu profond, à bord anguleux, la brosse moyenne.

Aspect extérieur glacé, cassure plus ou moins cornée ou farineuse suivant les conditions de maturation.

II. Caractères physiologiques — Exigences culturales

Variété très précoce, pouvant être considérée comme Blé de printemps, sa végétation ne subissant aucun temps d'arrêt.

Demande à ne pas être semé avant la deuxième quinzaine de novembre dans la région de Tunis; une semaille trop hâtive détermine la montée des tiges avant que le tallage ait lieu, un épiage anticipé fin décembre ou début de janvier et un faible rendement.

A essayer comme Blé de printemps, semé en février, dans la zone pluvieuse littorale Nord.

Tallage moyen si les semailles ont lieu à bonne époque. Couvre peu le sol et se défend mal contre les mauvaises herbes, à moins d'une densité suffisamment forte aux semailles. Ce Blé peut supporter 300 à 350 tiges au mètre carré.

Epiage vers le 25 mars à Tunis; maturité début de mai.

Avortement basal des épis portant sur une moyenne de 3 ou 4 épillets.

Glumes peu solides, écartées à maturité, ce qui expose le Florence à l'égrenage par le vent.

Bonne résistance à la verse en herbe; tendance à la verse tardive, qui n'influe pas sur le rendement.

Haute résistance à la sécheresse et à l'échaudage.

Sensible à la rouille jaune, qui envahit les feuilles et les glumes au point de saupoudrer les grains de spores, mais qui respecte les tiges.

Le rendement n'est affecté par la rouille que si le Blé a été semé trop tôt.

La grande précocité de ce Blé le préserve de la rouille noire, mais l'expose au gel des épis, si l'épiage a lieu trop tôt.

Résistance moyenne au piétin.

Le Florence réussit dans toutes les situations, du Nord au Sud, s'il est semé à bonne époque. Il convient particulièrement dans les situations sèches, à période de végétation très courte. Sa culture présente moins d'aléas que celle des Blés durs dans le Centre et le Sud. Eviter les cuvettes et les plaines basses lorsqu'il existe des risques de gel.

Ce Blé a plusieurs fois dépassé le rendement de 30 quintaux.

III. Valeur industrielle

Grain de beau volume, souvent demi-vitreux. Farine blanche.

Indices obtenus à l'extensimètre Chopin en 1930 :

Provenance	Date de l'essai	Ténacité	Gonflement	Travail
Service Botanique 1930 (rouillé).	nov. 1930	57	19,3	105,7
Saint-Cyprien 1930 (non rouillé).	—	54,5	21,5	127,5
Chougafah 1930 (non rouillé)....	—	74	17,1	128
Siliana 1930 (non rouillé).....	—	79,3	19,8	152
Goubellat 1930 (non rouillé).....	—	78,9	19,9	166,1

Le Florence n'est pas un Blé de force, mais il présente une très bonne valeur boulangère et peut se panifier seul. Il convient, à ce point de vue, pour l'exportation.

IRAKIE

Blé tendre

Triticum vulgare Host. var. *leucospermum* Körn

Lignée 231

Origine. — Variété introduite de Mésopotamie (Irak) en 1920. Représentait un mélange de plusieurs formes dont le Service Botanique a sélectionné une lignée mise en distribution en 1926.

Est actuellement l'objet d'une nouvelle sélection pour la séparation d'une forme hybride due à un croisement spontané.

I. Caractères morphologiques

Jeune plante à port érigé; à la base, les tiges secondaires s'écartent très peu de la tige principale.

Tiges vert clair légèrement glaucescentes; nœuds portant des poils peu fournis et très courts, qui disparaissent facilement à maturité.

Paille blanche, creuse, à parois minces, hauteur moyenne 1m 15, diamètre moyen 4mm.

Feuilles vert très clair, à gaine légèrement glaucescente et velue, le nombre varie de 5 à 6, longueur de l'avant-dernière 28cm 50, largeur 1cm 20. Le port est érigé.

Ligule rectangulaire à bord frangé.

Auricules de 2mm de long sur 0,8 à 1mm de large, pointues, embrassantes, pourvues de 6 ou 7 cils, longs et fins, qui se prolongent sur les bords inférieurs du limbe.

Epi cylindrique, légèrement effilé vers le sommet, vert clair, puis blanc rose, légèrement recourbé à maturité.

Longueur moyenne (rachis) 97mm, densité moyenne 20.

Rachis mince, légèrement infléchi, articles larges à la base portant sur les bords latéraux des poils raides, dont la longueur s'accroît de la base au sommet, où ils forment deux aigrettes latérales.

Ces poils garnissent aussi la base de la couronne de chaque article. L'axe de l'épillet porte des poils courts et peu fournis.

Epillets : nombre moyen 19; 4 ou 5 fleurs constituées, dont la cinquième avorte régulièrement, la quatrième n'étant fertile que dans un petit nombre d'épillets, et vers la partie moyenne de l'épi.

Glume blanche, pubescente sur la face externe; la face interne porte aussi des poils sur le tiers supérieur, plus longs et plus nombreux dans le sillon carénal; sur le tiers inférieur, l'empreinte est parsemée de poils extrêmement courts et peu denses.

Glumelle inférieure terminée par une pointe courte, aiguë, courbée en dedans.

Epillet terminal à deux glumes dissemblables : la glume inférieure est plus courte et dépourvue de dent, sa carène est à peine marquée. La glume supérieure est plus courte et plus longue, elle présente une carène et une petite dent.

Grain blanc, moyen, allongé, $7^{mm} \times 3^{mm}2$; le poids du grain d'un épi moyen est de 1 gr. 605; 1.000 grains pèsent 38 grammes.

Le sillon est large, de profondeur moyenne, à bords anguleux. Brosse petite.

Cassure cornée, semblable à celle des Blés durs.

II. Caractères physiologiques — Exigences culturales

Variété très précoce pouvant être considérée comme Blé de printemps, car sa végétation se poursuit sans aucun temps d'arrêt.

A semer à partir du 15 novembre dans la région de Tunis; peut réussir lorsqu'elle est semée en décembre. A essayer dans les contrées très pluvieuses du Nord comme Blé de printemps semé en février.

Une semaille trop précoce détermine la montée des tiges avant le tallage, un épiage anticipé, dès fin décembre ou janvier, et expose le Blé à la rouille et au gel des épis.

Tallage normal si la levée n'a pas lieu trop tôt. Feuillage peu développé, ce qui rend ce Blé peu étouffant pour les mauvaises herbes.

Epiage vers le 25 mars dans la région de Tunis, maturité début de mai.

Avortement basal des épis portant sur une moyenne de 2 ou 3 épillets.

Glumes assez solides; peu de disposition à l'égrenage.

Résistance moyenne à la verse.

Très bonne résistance à la sécheresse et à l'échaudage.

Assez sensible à la rouille jaune; échappe par sa précocité à la rouille noire.

Bonne résistance au charbon, résistance moyenne au piétin.

L'Irakié 231, par sa grande précocité et sa résistance à la sécheresse, convient particulièrement aux situations sèches et peut être cultivé, dans le Centre et le Sud, avec moins d'aléas que les Blés durs; il réussit dans les régions fraîches à la condition d'en retarder suffisamment les semailles. Eviter les parties basses, à cause des risques de gelée. Ce Blé a dépassé plusieurs fois le rendement de 30 quintaux.

Blé tendre

Sorte 231

IRAKIÉ

III. Valeur industrielle

Grain de petit volume, très corné, à cassure vitreuse. Peut donner de la petite semoule; convient à la préparation du couscous et peut être utilisé par les Indigènes. Farine un peu grise.

Indices obtenus à l'extensimètre Chopin en 1930 :

Provenance	Date de l'essai	Ténacité	Gonflement	Travail
—	—	—	—	—
Souk-el-Khemis 1929.....	nov. 1930	180	13,2	294,5
El-Akhouat 1929.....	—	147,8	15,2	255,7
Le Kef 1929.....	—	165,8	15,8	326
Service Botanique 1930.....	—	141,1	18,3	341,7
Chougafah 1930.....	—	134	15,6	246,9
Fedjet-Khemakhem 1930....	—	122,2	17	254,8

C'est un *Blé de force* à ne pas panifier seul, mais qui doit être employé comme correctif des Blés faibles.

Mélangé aux Blés durs, pour la fabrication des pâtes alimentaires, il donne à ces dernières une grande élasticité qui empêche leur rupture à la sortie des presses.

Blé convenant pour l'exportation dans la Métropole.

Hybrides récents

Toutes les variétés qui précèdent, constituées par des lignées pures, sont le résultat de la sélection dans des variétés importées.

Un certain nombre d'hybrides commencent à être en grande culture, mais leur épuration n'est pas encore suffisante pour qu'ils puissent être considérés comme des lignées pures et, par conséquent, ils ne peuvent être l'objet d'une description précise. Ce travail complémentaire sera publié plus tard, lorsque chacune de ces variétés aura été remplacée par la meilleure des formes qui les constituent actuellement.

Il convient toutefois de les signaler à l'attention des agriculteurs en raison de leur haute valeur agricole et industrielle.

Florence × *Aurore 588* (Blé Cailloux). — Hybride du Professeur Schribaux envoyé par lui (deuxième génération en mélange) au Service Botanique en 1922. La lignée 588, présumée pure en 1925, a été mise à l'essai dans les champs d'expériences régionaux. Son haut rendement, sa résistance assez bonne à la verse ont décidé M. Cailloux, agriculteur à Souk-el-Khemis, à la multiplier. Ce Blé occupait environ 3.000 hectares en Tunisie en 1930-31. Il sera probablement le plus répandu en 1931-32 et des quantités importantes de semences ont été vendues en Algérie, au Maroc et même en France, pour y être essayées comme Blé de printemps.

Cette lignée s'est disjointe en un certain nombre de formes. La plus commune ressemble beaucoup au Florence, mais s'en distingue par une paille rigide, résistante à la verse. D'autres sont à épis plus courts et plus denses. La séparation des différentes formes est en cours au Service Botanique.

Le *Florence* × *Aurore* est un peu moins sensible à *Puccinia glumarum* que le Florence. Il est de même précocité et doit être semé tard (deuxième quinzaine de novembre, au plus tôt) dans la région de Tunis; c'est actuellement le Blé tendre ayant donné le maximum de rendement en Tunisie.

Son grain blanc, dur, demi-corné, est très lourd. Les essais de panification effectués à l'Ecole Française de Meunerie à Paris, les résultats obtenus à l'extensimètre Chopin, au Service Botanique, permettent de le considérer comme un *Blé de force* comparable à un bon *Manitoba*.

	Ténacité	Gonflement	Travail
	—	—	—
Blé 588.....	99	19,9	226,8
Manitoba N° 1.....	83,5	22,2	250,9

Pusa 4 × *Florence.* — Cet hybride, également dû au Professeur Schribaux et dont la ségrégation a été suivie au Service Botanique parallèlement à celle du précédent, a donné plusieurs bonnes lignées dont quelques-unes (380, 381 a, 381 b, 381 c, 385, 387) sont passées récemment en grande culture. Elles occupaient plus de 100 hectares en 1930-31 et couvrent plus de 1.000 hectares en 1931-32.

Elles ressemblent plus ou moins au Florence comme aspect général, précocité, exigences culturales. Elles sont moins sensibles à la rouille jaune et échappent par leur précocité à la rouille noire. Le 380 a une paille courte, fine, souple; les 381 sont à paille courte rigide. Les 385 et 387 sont aussi à paille courte, un peu moins ferme.

Tous ces Blés sont des *Blés de force*, de haut rendement quantitatif.

	Ténacité	Gonflement	Travail
Pusa × Florence 380....	103,4	19,1	252,8
— 381 a..	91,2	19,9	246
— 381 b..	84,5	20	209
— 381 c..	100,6	18,2	222,3
— 385....	100,5	18,9	302,4
— 387....	61,2	20,6	164,2

De nombreux autres hybrides, obtenus au Service Botanique, encore à l'étude dans les champs d'expériences régionaux, sont d'aussi haute valeur boulangère et paraissent plus résistants à la rouille jaune que les hybrides ci-dessus. Les meilleurs comme rendement seront prochainement multipliés et livrés à la culture.

II. GÉNÉTIQUE

AMÉLIORATION DES BLÉS EN TUNISIE

A. Lignées pures. Sélection :

1. *Notion de lignée pure. Méthode d'isolement.* — 2. *Comportement d'une lignée pure.* — 3. *Inefficacité de la sélection appliquée aux lignées pures.*

B. Hybrides :

4. *Fécondation naturelle.* — 5. *Hybridations intraspécifiques :* a) entre variétés de *Triticum vulgare;* b) entre variétés de *Triticum durum.* — 6. *Hybridations interspécifiques dans le même groupe :* a) *Tr. vulgare* × *Tr. sphoerococcum;* b) *Tr. durum* × *Tr. persicum;* c) *Tr. durum* × *Tr. pyramidale;* d) *Tr. durum* × *Tr. turgidum.* — 7. *Hybridations interspécifiques entre groupes différents :* a) entre 2e et 3e groupes; b) entre 2e et 1er groupes; c) entre 1er et 3e groupes. — 8. *Hybridations intergénériques :* a) *Tr.* × *Secale;* b) *Aegilops* × *Triticum* et *Triticum* × *Aegilops.*

C. Phylogénie. Origine.

D. Notions d'espèce linnéenne, de groupe d'espèce, de race.

E. Amélioration des Blés en Tunisie :

9. *Méthodes d'amélioration :* a) Sélection; b) Hybridation; c) Technique des essais comparatifs; d) Maintien de la pureté. Contrôle de la production et de la vente des semences. — 10. *Amélioration des Blés durs :* a) Sélection des variétés indigènes; b) Introduction et sélection des variétés étrangères; c) Hybridations. — 11. — *Amélioration des Blés tendres :* a) Formes locales; b) Introduction, acclimatement et sélection des variétés étrangères; c) Hybridations. — 12. *Adaptation régionale.* — 13. *Avantages de la culture des variétés pures :* a) Sous le rapport du rendement; b) Sous le rapport de l'utilisation et de la vente.

A. LIGNEES PURES. SELECTION

1. Notion de lignée pure. Méthode d'isolement

Lorsque la descendance d'un pied initial, isolé par culture pédigrée, préservée de toute fécondation étrangère, est constituée par des individus semblables, à quelque génération qu'ils appartiennent, elle constitue une *lignée pure*.

Cultivée à part, dans un milieu constant, elle ne peut que se conserver identique à elle-même, puisque cette stabilité est la condition même de son existence; elle n'est donc susceptible ni de dégénérescence, ni d'amélioration.

Les travaux de nombreux savants (JOHANNSEN, NILSSON-EHLE, etc.) ont démontré la stabilité des lignées pures, qui représentent les groupes végétaux élémentaires déjà découverts par JORDAN. La comparaison des lignées pures de Blé de la collection DE VILMORIN (1911), à un demi-siècle d'intervalle, a montré la persistance intégrale des caractères morphologiques de l'épi et du grain. Personnellement, nous n'avons jamais réussi à fixer, par sélection des meilleurs individus, ou des pires, une variation de caractères absolus, ou de caractères fluctuants, dans des lignées pures de Blé dur ou de Blé tendre, ainsi qu'en témoignent les résultats exposés plus loin.

Sauf les cas de variations temporaires dues à l'action du milieu, de variations héréditaires provoquées par des fécondations étrangères ou constituant de véritables mutations, une lignée *vraiment pure* se reproduit identique à elle-même.

La difficulté, pour l'expérimentateur, consiste à obtenir une lignée vraiment pure. Cette difficulté, même pour des plantes soumises à l'autofécondation, comme le Blé, est beaucoup plus grande que ne permet de le supposer un examen superficiel du problème.

Ne peut donner, indéfiniment, une descendance homogène qu'un individu *homozygote*, c'est-à-dire ne possédant que des caractères simples (dominants ou récessifs) et aucun couple de caractères (le c. dominant masquant le c. récessif).

Nous sommes loin de connaître toutes les unités mendéliennes (gènes, facteurs) qui constituent le patrimoine héréditaire des Blés.

Même pour les *caractères morphologiques considérés comme qualitatifs absolus et héréditaires*, comme la présence ou l'absence de barbes, de poils, la couleur des glumes et du grain, qui constituent les caractères fondamentaux des variétés botaniques de Blé, il existe des degrés, souvent difficiles à apprécier. La pubescence des glumes, par

exemple, s'exprime par *un mot* alors qu'il faudrait toute *une description* pour rendre compte de l'abondance des poils, de leur longueur, de leur répartition à la surface des glumes. La plupart des variétés dites à glumes glabres présentent des poils courts sur le tiers inférieur de la *face interne* de ces glumes et des poils longs dans le pli du tiers supérieur. La coloration des grains (Nilsson-Ehle 1920) et probablement aussi celle des glumes et des pailles, sont dues à plusieurs facteurs et offrent une gamme de nuances difficiles à saisir, impossibles à exprimer avec précision. Les barbes présentent également des degrés dans leur développement; les termes de *brevi-aristatum* (barbes courtes) et de *semi-aristatum* (barbes plus ou moins avortées à la base de l'épi) en sont la preuve et ne correspondent à rien de précis. Tous ces caractères ne sont d'ailleurs pas indépendants du milieu (ainsi que nous l'indiquerons au chapitre Ecologie).

Ils ne se distinguent donc guère des caractères morphologiques fluctuants, quantitatifs, tels que la taille ou le poids des organes, les longueurs respectives des entre-nœuds, la densité des épis, etc., qui sont parfaitement héréditaires quant à leur polygone de fréquence dans un milieu déterminé, mais dont l'hérédité, encore insuffisamment connue, est d'ailleurs difficile à étudier par suite de l'influence du milieu sur leur développement et parce que ces caractères sont probablement dus à des facteurs multiples.

Enfin, des *caractères physiologiques*, tels que précocité, résistance aux intempéries et aux parasites, des *caractères chimiques*, comme la teneur en gluten, la constitution de ce dernier et les propriétés qui en résultent, probablement tous à facteurs multiples, influençables par les conditions de milieu, et cependant assez héréditaires dans leur comportement pour servir de particularités distinctives des variétés agricoles de Blé, sont difficiles ou impossibles à apprécier lors de l'examen d'une lignée. Il faut donc s'attendre à voir des lignées, ne présentant aucune différence morphologique apparente, se distinguer par des particularités de végétation, de résistance aux maladies, de composition chimique, etc. Certains auteurs les appellent races physiologiques: pour nous, ce sont des lignées distinctes, au même titre que celles qui se différencient par des caractères morphologiques; il est seulement plus difficile de les reconnaître et de les isoler.

L'analyse mendélienne que nous pouvons faire actuellement d'un Blé est donc fort incomplète. Les ressemblances que nous observons restent superficielles et imprécises. Lorsque nous constatons que tous les individus issus d'un même pied initial se ressemblent, nous ne sommes en droit de conclure scientifiquement : ni qu'ils sont de même constitution génétique et appartiennent au même *génotype*, ni que le pied dont ils descendent était vraiment *homozygote*.

L'examen le plus méticuleux d'une descendance, soigneusement isolée d'un pied unique, ne permet pas d'affirmer que la lignée envisagée est pure.

Pour obtenir *l'isolement d'une lignée pure*, les difficultés exposées ci-dessus peuvent être tournées par une technique appropriée. Bien qu'elle reste toujours la même, deux cas sont à envisager, selon que le point de départ est une ancienne variété ou le produit d'un croisement récent :

a) *Cas d'une variété ancienne.* — Le Blé est normalement soumis à l'autofécondation. Les fécondations croisées spontanées, accidentelles, restent exceptionnelles, au moins dans les régions à climat tempéré et humide; elles sont moins rares dans les pays chauds et secs comme le Nord de l'Afrique. Les quelques cas d'allogamie qui se produisent, et qui n'ont d'importance que s'il s'agit d'une population mélangée, donnent naissance à *une infime proportion d'individus hétérozygotes* dans l'ensemble de la récolte. De plus, la disjonction de ces hétérozygotes à chaque génération tend constamment à en diminuer le nombre par rapport à celui des homozygotes. Une variété ancienne tend donc à devenir une population formée d'un ou plusieurs génotypes. En lui appliquant la sélection individuelle accompagnée de culture pédigrée, on a beaucoup de chances pour que les plantes-mères initiales soient homozygotes et donnent chacune une descendance homogène, une lignée pure.

b) *Cas d'une population issue d'un croisement artificiel récent.* — Les géniteurs employés diffèrent par un certain nombre de caractères mendéliens connus et par d'autres, inconnus, souvent invisibles. Le nombre de combinaisons possibles, si l'on tient compte de *tous* les couples de caractères, est considérable. Chaque combinaison est représentée par des individus hétérozygotes et par *une proportion variable, souvent très faible, d'individus homozygotes.* Seule, la combinaison qui réunit tous les caractères récessifs, d'ailleurs très rare, est formée d'individus tous homozygotes.

Théoriquement, d'après les règles de la disjonction mendélienne, la séparation des lignées homozygotes peut être faite dès la troisième génération (F^3): pratiquement, cette séparation dure plusieurs années à partir de la F^3, en raison de notre ignorance de la constitution génétique des parents et des difficultés d'appréciation de certains caractères.

Parmi les nombreuses combinaisons de caractères, il en est de très rares, qui n'ont guère de chances d'apparaître, à la F^2, que si le nombre des individus de cette génération est suffisamment élevé. Bien que ce nombre dépasse largement un millier, dans les conditions

normales du croisement chez les Blés, il est insuffisant pour permettre l'apparition certaine de toutes les combinaisons, car il en est dont la proportion est très inférieure à 1/1.000. Aussi, certaines lignées, isolées en F^3 avec toutes les apparences de la stabilité, se disjoignent-elles plus tard par suite de la réalisation de l'une de ces combinaisons exceptionnelles de caractères.

La séparation des lignées qui ne se distinguent que par des caractères fluctuants est fort compliquée. Comment reconnaître, par exemple, le mélange de deux lignées de densités différentes et comment les séparer ? L'établissement des courbes de fréquence, besogne fastidieuse, ne donne pas toujours des résultats certains; nous avons constaté par exemple que celle de la densité des épis présente parfois, même dans une lignée vraiment pure, deux sommets, correspondant, l'un aux premiers épis formés, l'autre à ceux des talles retardataires, lorsque le tallage s'est effectué à deux périodes distinctes, sous l'influence de conditions particulières du milieu.

Enfin, le problème est à peu près insoluble si l'on veut tenir compte des caractères physiologiques et chimiques que l'on ne peut pratiquement faire intervenir lors de la comparaison des individus qui constituent une lignée.

L'impossibilité matérielle de reconnaître, avec certitude, une lignée pure d'après les apparences extérieures oblige à choisir chaque année, dans les lignées présumées pures, un certain nombre de pieds-mères dont on isole les descendances pour les comparer et en vérifier la stabilité. Il est de règle très générale de voir les lignées qui avaient paru pures à la troisième ou à la quatrième générations se subdiviser, pendant plusieurs années encore, en plusieurs lignées parfaitement distinctes. C'est ainsi que nous n'avons pas encore achevé, en 1931, la séparation des lignées pures issues d'une lignée de Florence × Aurore (588) présumée pure à la F^3, en 1922.

Ces précautions, qui ne sont pas toujours suivies par les obtenteurs de nouveautés, pressés de les lancer sur le marché, restent d'ailleurs insuffisantes pour fournir la certitude qu'une lignée obtenue par sélection généalogique répétée est réellement pure.

Le procédé qui permet d'affirmer la pureté d'une lignée consiste à soumettre cette dernière à *l'épreuve du croisement.*

Si l'on dispose déjà d'une lignée pure de Blé, elle peut servir en quelque sorte de réactif. On croise avec elle (géniteur femelle) la lignée soumise à la vérification (géniteur mâle), en prélevant le pollen sur plusieurs pieds repérés et numérotés. Il faut obtenir, pour chacun de ces croisements, une vingtaine de grains. Ceux-ci, semés, donnent la première génération (F^1).

Lorsque le pied mâle est homozygote, tous les F^1 qui l'ont comme

père se ressemblent. Par contre, un pied mâle hétérozygote donne, par croisement avec un pied femelle homozygote, des F^1 qui diffèrent les uns des autres. On peut ainsi reconnaître dans la lignée à l'essai les pieds qu'il convient d'utiliser comme point de départ des lignées pures.

Si l'on ne dispose pas de lignées déjà vérifiées pour réaliser cette épreuve, on croise entre eux plusieurs individus de la lignée à essayer: si elle est constituée par un seul génotype, tous les croisements reproduisent, sans changements, le type de la lignée, à la F^1, et aucune disjonction n'apparaît à la F^2; si la lignée comprend des hétérozygotes, la F^1 n'est pas homogène: si la lignée est formée de plusieurs génotypes, la F^1 peut être homogène, mais elle diffère généralement des géniteurs et la F^2 présente des disjonctions.

Il convient toutefois de remarquer que si la lignée à l'étude était formée de plantes présentant les mêmes caractères morphologiques absolus, les différences présentées à la F^1, ou lors de la disjonction en F^2, n'intéressent généralement que des caractères fluctuants, dont l'étude doit être faite par la méthode statistique (biométrique).

Nous avons recueilli un certain nombre d'observations et de faits expérimentaux conformes à l'exposé théorique qui précède.

Quand nous employons comme géniteurs des plantes issues de croisements relativement récents (remontant toutefois à plus de dix ans, réalisés par nous-même ou par d'autres hybrideurs, il arrive fréquemment que la F^1 n'est pas homogène, ce qui indique que l'un au moins des géniteurs est hétérozygote, malgré une apparente uniformité des caractères visibles.

Nous ne rapporterons que deux exemples de vérification de la pureté de deux lignées : Richelle 110 et Florence 135 (Bœuf, 1928[a]).

Ces deux Blés tendres sont à épi mutique, glumes blanches et glabres, grain blanc (*Triticum vulgare* var. *albidum*, Al.); ils sont tous deux d'origine australienne et bien acclimatés en Tunisie, où ils donnent lieu à d'importantes cultures.

La Richelle 110 a été obtenue par nous d'une sélection d'impuretés dans l'Allora d'Australie; il a été entretenu, au champ d'expériences, une lignée constamment reprise en culture pédigrée et que nous avions toutes raisons de considérer comme pure.

Le Florence 135 est un hybride obtenu par Farrer en Australie; les échantillons reçus, en 1919, de plusieurs correspondants se sont montrés identiques; celui d'origine donna une descendance homogène qui, après cinq années d'observations, fut livrée à la grande culture sans avoir été l'objet, chez nous, de culture pédigrée. L'apparition sporadique, dans ce Blé, de quelques pieds à tiges plus élevées, à

épis plus longs que ceux des pieds normaux nous inclinait à penser qu'il était formé de plusieurs génotypes de même apparence extérieure.

En 1924-25, les grains d'un pied normal de Florence furent semés à part et donnèrent des pieds normaux; un certain nombre de fleurs furent fécondées avec du pollen d'épis, également normaux, recueillis dans la culture ordinaire. Les grains obtenus donnèrent en 1925-26 une F^1 présentant de grands épis analogues à ceux que l'on rencontrait exceptionnellement dans la grande culture. Les F^1 semés séparément en 1926-27 donnèrent une F^2 dans laquelle dix lignées furent soumises à l'étude statistique des caractères de l'épi : longueur du rachis, nombre d'épillets par épi, densité de l'épi, poids du grain de 100 épis. Comparativement, dix lignées provenant de grains n'ayant subi aucune fécondation artificielle (autofécondés naturellement) furent cultivées dans les mêmes conditions, au voisinage immédiat des premières.

Parallèlement, une expérience identique fut exécutée avec la Richelle 110. Le détail des résultats, par lignée, présente peu d'intérêt, le nombre des épis (environ 200) pour chaque lignée étant trop faible pour que chacun des polygones de fréquence puisse être considéré à part. Nous nous contentons de donner les résultats d'ensemble permettant, pour chacun des deux Blés, la comparaison des récoltes provenant d'autofécondation naturelle et de fécondations croisées artificielles (v. tableau I).

Les chiffres du tableau I permettent de faire des constatations très différentes suivant qu'il s'agit de la Richelle ou du Florence.

Pour la Richelle, la comparaison entre les lignées provenant d'autofécondation naturelle et celles qui sont issues de croisements artificiels, montre des différences peu importantes pour ce qui concerne la valeur moyenne des caractères fluctuants envisagés. La variabilité des deux groupes de lignées, représentée, pour chaque caractère, par la déviation standard, ou, mieux, par le coefficient de variabilité % de la moyenne, montre de faibles écarts et cette variabilité, loin d'être accrue par la fécondation croisée artificielle, est légèrement diminuée. La Richelle se montre donc peu affectée par le mode de fécondation; elle peut être considérée comme une lignée pure.

Le Florence est, au contraire, fortement influencé par la fécondation croisée; elle provoque une augmentation de 22 % de la longueur du rachis, de 12.3 % du nombre d'épillets, de près de 30 % du poids de grain dans 100 épis. Cet accroissement de la vigueur est déjà une présomption d'hétérosis et par conséquent d'un véritable croisement entre génotypes distincts. Cette présomption devient une certitude du fait que la variabilité de tous les caractères fluctuants envisagés a été

TABLEAU I. – Variabilités de lignées : Richelle 110 & Florence 135

(moyenne de 10 lignées à la F_2)

a) RICHELLE (lignée pure 110)		MOYENNE	DÉVIATION STANDARD	COEFFICIENT de variabilité % de la moyenne
1. Longueur du rachis	lignées autofécondées	93,3	± 16,56	± 17,7
	— fécondées artific^{t}	96,8	± 16,04	± 16,6
2. Nombre d'épillets	— autofécondées	19,3	± 1,94	± 10
	— fécondées artific^{s}	19,5	± 1,79	± 9,2
3. Densité de l'épi	— autofécondées	21,2	± 2,38	± 11,2
	— fécondées artific^{t}	20,5	± 2,19	± 10,7
4. Grain dans 100 épis (poids en grammes)	— autofécondées	170,7 ± 4,44	Probabilité de la différence de productivité : à peu près nulle.	
	— fécondées artific^{t}	168,5 ± 2,88		
	Différence	2,2 ± 5,29		

b) FLORENCE 135 (Mélange probable de génotypes)		MOYENNE	DÉVIATION STANDARD	COEFFICIENT de variabilité % de la moyenne
1. Longueur du rachis	lignées autofécondées	75,2	± 12,02	± 16
	— fécondées artific^{t}	91,9	± 16,48	± 17
2. Nombre d'épillets	— autofécondées	16,2	± 1,48	± 9,1
	— fécondées artific^{t}	18,2	± 2,10	± 11,5
3. Densité de l'épi	— autofécondées	21,5	± 2,38	± 11,1
	— fécondées artific^{t}	20	± 2,45	± 12,25
4. Grain dans 100 épis (poids en grammes)	— autofécondées	120,5 ± 2,87	Probabilité de la différence de productivité : presque absolue.	
	— fécondées artific^{t}	168,2 ± 3,62		
	Différence	47,7 ± 4,62		

sérieusement accrue, preuve que le mélange des lignées issues de fécondation croisée contient, outre les génotypes constituant le Florence, de nombreux hétérozygotes produits par leurs croisements. Il fut d'ailleurs possible, dans les générations suivantes, d'isoler des lignées pures provenant de la disjonction de cette F^2.

Les résultats exposés ci-dessus permettent deux autres observations concernant la *stabilité des lignées pures* et leur *productivité*.

L'isolement des lignées pures de Blé est un artifice de l'homme; dans la Nature, les génotypes sont mélangés et se croisent de temps en temps entre eux, l'homogamie souffrant toujours quelques exceptions. N'est-il pas à craindre qu'une lignée pure isolée, soumise à l'autofécondation répétée, ne subisse une sorte de « vieillissement », et en quoi pourrait-il consister ?

Mlle Dusseau (1931), dans un travail sur les Poulards d'Auvergne, a posé la question et constate, soit pour des lignées de ces Poulards, soit pour des hybrides de Blés tendres de la maison Vilmorin, « une plus grande homogénéité chez les représentants d'une lignée obtenue depuis peu d'un grain unique que dans l'ensemble de la lignée pédigrée à laquelle ils appartiennent et dont le monosperme est plus lointain ». Le vieillissement de la lignée se traduirait par l'étalement du polygone de fréquence, phénomène qui semble conduire insensiblement au morcellement de la lignée en plusieurs autres. Mlle Dusseau est bien près de céder à la tentation de considérer la lignée comme susceptible de se modifier, car elle écrit : « Les lignées pures sont-elles vraiment si fixes que l'on veut bien le dire ? Est-ce que la théorie de la fixité absolue, de l'hérédité d'un « complexe caractéristique de la lignée » n'est pas opposée à la théorie lamarkienne qui admet une variation continue, de même qu'aux conceptions de Darwin considérant à son tour que les variétés « n'ont pas été produites tout à coup si parfaites et si utiles », mais que chez elles l'homme a su non seulement choisir, mais encore accumuler les caractères heureux ? »

On a reconnu aujourd'hui l'insuffisance et la part d'erreur des théories évolutionnistes de Lamark et de Darwin; l'étude des variations héréditaires est devenue surtout expérimentale et l'on se garde de généralisations trop hâtives basées sur un nombre insuffisant de faits particuliers.

Pour être bien sûr qu'une lignée vieillit, ne serait-ce que par la perte de son homogénéité, il faudrait, au préalable, être certain que l'observation porte sur une lignée qui a été pure à son origine et qu'elle a été préservée de toute intervention de lignées étrangères, par simple mélange ou fécondation croisée. Ces conditions ne sont pas facilement réalisables (Moreau et Dusseau, 1925).

Notre expérience avec la Richelle et le Florence peut aider à comprendre comment une lignée garde ou perd son homogénéité.

Tandis que la Richelle 110, maintenue à l'état de pureté par des cultures pédigrées successives, conserve la même variabilité (elle est même légèrement atténuée) lorsqu'on remplace l'autofécondation naturelle par des fécondations croisées, le Florence voit, dans les mêmes circonstances, croître la variabilité de ses caractères fluctuants (les polygones de fréquence s'étalent). Ce que nous avons provoqué brutalement, par des fécondations artificielles, se produit, à la longue, dans une lignée qui n'était pas pure ou qui n'est pas restée pure par suite d'interventions étrangères.

Les polygones de fréquence donnés par Mlle Dusseau, pour les vieilles lignées qu'elle a comparées à des lignées récentes, sont à plusieurs sommets, ils n'ont plus rien de ce qui caractérise une lignée pure.

Au point de vue de la *productivité*, dont le poids du grain contenu dans cent épis peut nous donner une idée, la différence est également très marquée entre les résultats de la fécondation croisée chez la Richelle et le Florence.

Ce poids reste invariable chez la première; la petite différence en moins ne peut être retenue, car elle est très inférieure à son erreur probable et n'a qu'une chance sur neuf environ de n'être pas due au hasard.

Il présente au contraire une augmentation de 30 % chez le Florence; cet accroissement dépasse dix fois son erreur probable, ce qui indique, avec une probabilité presque absolue, qu'il est bien dû à la fécondation croisée et non au hasard. Nous indiquons plus loin l'application pratique qui peut être faite de cette constatation.

Nous croyons pouvoir conclure *qu'une lignée pure se conserve semblable à elle-même, tant au point de vue des caractères morphologiques absolus qu'à celui des caractères fluctuants.*

Les variations que l'on observe paraissent devoir provenir de l'impureté de la lignée à son origine (lors de son isolement) ou des interventions ultérieures de formes étrangères.

Il est malheureusement difficile d'être sûr de la pureté d'une lignée, surtout lorsqu'elle provient d'un croisement assez récent.

Ces conclusions demanderaient à être vérifiées par une expérimentation plus étendue, car elles ont une importance considérable, théorique et pratique. A ce dernier point de vue, elles trancheraient les discussions entre les obtenteurs de nouveautés végétales et les sélectionneurs qui prétendent améliorer ces nouveautés ou y trouver plusieurs formes distinctes. Il n'est pas douteux que de nombreuses obtentions sont livrées à la production avant d'être à l'état de lignées

pures et qu'il est possible d'en tirer des types différents sans qu'il puisse être question d'aucun démarquage déloyal. La protection des nouveautés végétales, envisagée par diverses législations, ne peut être indiscutable que pour des lignées pures et stables.

2. Comportement d'une lignée pure

Une lignée pure ne se reproduit sans variation que lorsqu'elle est cultivée dans un milieu constant et à l'abri de toute intervention étrangère (mélange et croisements). Il a été toutefois signalé des cas de variation héréditaire, de cause inconnue, ou mutations.

Action du milieu physico-chimique. — L'hérédité et le milieu agissent conjointement pour déterminer les caractères morphologiques et physiologiques des plantes Nous ne savons que très incomplètement, à l'heure actuelle, distinguer ce qui constitue le patrimoine vraiment héréditaire d'un organisme de ce qui est influençable par le milieu physico-chimique. La plupart des observations concernant la variabilité des végétaux ont été faites dans des habitats peu différents et pendant des périodes de courte durée. Quand on place des plantes dans des conditions de milieu artificielles (Klebs) ou naturelles (Bonnier) très différentes de celles du milieu que l'on considère comme normal, on voit apparaître des modifications importantes des formes, des rapports entre les dimensions des organes, de la composition chimique, etc., au point de rendre une espèce parfois méconnaissable.

L'étude de la réaction des plantes aux conditions du milieu extérieur, ou *Ecologie*, est encore peu avancée pour ce qui concerne les plantes cultivées. Elle nécessite des essais géographiques très étendus et de longue durée. Des essais de ce genre ont été entrepris sur le territoire de l'U. R. S. S. en 1923 et se continuent encore. Une série d'essais géographiques, à laquelle nous participons, a été commencée pour le Blé en 1929, sous les auspices de l'Institut international d'Agriculture de Rome. Un réseau de 19 stations pour l'étude écologique du Blé vient également d'être installé en Tunisie. Quelques résultats ont déjà pu être dégagés.

En raison de l'importance scientifique et économique de ce problème, à l'étude duquel les lignées pures de Blé fournissent un matériel de choix, nous en ferons l'objet d'un chapitre spécial.

Croisements spontanés. — Tant qu'une lignée de Blé reste pure, les fécondations croisées qui se produisent, exceptionnellement, ne modifient en rien sa pureté. Mais de nombreuses causes de mélange

introduisent dans cette lignée des pieds étrangers : nettoyage incomplet des batteuses, tarares, trieurs, semoirs, sacs, etc., dans lesquels passent les semences; transport de grains étrangers par les fumiers, les animaux de trait, les oiseaux, les fourmis et autres insectes. La présence de ces pieds étrangers fait courir le risque de croisements spontanés et par conséquent de disjonctions, qui auront pour conséquence d'introduire dans la lignée un nombre plus ou moins considérable de types nouveaux. Ces cas de fécondation croisée sont considérés comme exceptionnels sous les climats tempérés et humides (Nord de la France); ils sont beaucoup moins rares dans les régions chaudes et sèches comme le Nord de l'Afrique. Nous en avons constaté de nombreux cas dans nos cultures; les types étrangers, apparaissant brusquement dans les lignées pures, ont toujours donné une descendance qui témoignait, avec certitude, de leur nature hybride (voir le § Fécondation naturelle, de ce chapitre).

Les croisements spontanés ne sont donc pas négligeables, même dans les pays tempérés. Ils constituent des causes de variation d'une lignée pure par l'apparition, dans son sein, de formes nouvelles. Des croisements entre lignées peu différentes morphologiquement peuvent passer inaperçus, donner naissance dans certains à des types nouveaux, mieux adaptés au milieu que la lignée pure, s'y multipliant plus rapidement et donner ainsi l'apparence d'une variation lente, héréditaire, attribuée au milieu (acclimatement).

Mutations. — Les lignées pures de Blé constituent un excellent matériel pour la recherche des mutations, apparitions brusques de caractères nouveaux, héréditaires.

Nous suivons en ce moment une forme, apparue dans une lignée de Baroota 52, nettement distincte du type normal, dont il nous est toutefois difficile de préciser l'origine.

Les mutations des lignées pures de Blé paraissent être peu fréquentes; dans la pratique agricole, aussi bien que dans les travaux d'amélioration de cette céréale, leur rôle peut être à peu près négligé.

On trouve de temps en temps, dans les cultures de Blé tendre, des formes rappelant le *Triticum spelta* et auxquelles on a donné le nom de speltoïdes. Dans certains cas, elles résultent de croisements (voir § Hybridation), dans d'autres, les Blés speltoïdes apparaissent comme mutants de *vulgare*. L'origine de ces derniers a sollicité l'attention de nombreux travailleurs : Nilsson-Ehle (1921-1927), Linhard (1923-1927), Akerman (1923-1927), Winge (1924), Huskins (1928).

Winge a émis l'hypothèse que les mutations speltoïdes proviendraient d'erreur d'appariement entre les chromosomes du *T. vulgare*, lors de la cinèse de réduction; les gamètes de celui-ci ont 21 chromo-

somes répartis en 3 séries, 7+7+7, ces trois séries, peu différentes l'une de l'autre, pouvant être appelées A, B, C. Dans le cas normal chaque chromosome de B s'apparie avec le chromosome correspondant de B; de même pour les chromosomes C. Winge admet que, « vu la similitude de B et C, un chromosome B peut occasionnellement s'apparier avec C pour donner $\frac{A\,B\,C}{A\,C\,B}$ lequel formerait de nouveaux gamètes A B B et A C C. Le premier, rencontrant le gamète normal A B C, produirait $\frac{A\,B\,C}{A\,C\,B}$ qui est supposé être la forme mutante, l'hétérozygote speltoïde ». La formation d'hétérozygotes speltoïdes $\frac{A\,B\,C}{A\,B}$ à 41 chromosomes a été aussi envisagée (Huskins). Akerman a même signalé que les speltoïdes se produisaient souvent comme chimères par suite de la perte d'un chromosome au cours d'une division somatique.

L'explication des disjonctions données par les speltoïdes en plantes normales, speltoïdes hétérozygotes et speltoïdes homozygotes, est difficile en raison des nombres de chromosomes, variant de 41 à 43, qui ont été observés, des cas de linkage et de crossing-over qui sont invoqués. Nilsson-Ehle a formulé une hypothèse différente de celle de Winge : ce ne serait pas un chromosome entier qui s'apparierait anormalement, mais une région plus ou moins importante d'un chromosome, et il s'appuie sur le fait que, s'il y a des mutations partielles du mutique normal au speltoïde barbu, il y a aussi des mutations partielles du mutique normal au speltoïde mutique ou au barbu normal ou au demi-barbu normal; ces mutations seraient donc des mutations de facteurs.

Watkins (1931) conclut que ni la théorie de Winge, ni celle de Nilsson-Ehle n'expliquent complètement tous les cas observés et que « le problème est plus compliqué que la théorie chromosomique, dans sa forme actuelle, ne le laisse supposer ».

3. Inefficacité de la sélection appliquée aux lignées pures

La stabilité des lignées pures permet de penser, *a priori*, que toute sélection pratiquée dans leur sein doit être inopérante. Cette sélection ne peut être envisagée qu'à l'égard des caractères fluctuants, exprimés par leur valeur moyenne ou leur courbe de fréquence. Les travaux de Johannsen et ceux de nombreux expérimentateurs ont montré que, dans un milieu constant, ces caractères fluctuants ne sont pas influencés par un choix de graines ou de porte-graines présentant des valeurs s'écartant de la moyenne.

Les exemples, autrefois cités, d'amélioration des plantes par une sélection méthodique des pieds-mères ne s'appliquaient pas à des lignées pures. Pour la Betterave sucrière, dont la richesse saccharine a été grandement accrue par la sélection, les publications de J. de Vilmorin (1923) et de Munerati (1923) ont établi que les hautes teneurs se rencontrent même chez des individus sauvages ou appartenant à des populations (mélanges) non sélectionnées, et qu'il convient d'appliquer à l'amélioration de la Betterave la méthode de séparation des lignées pures. Cette application est rendue difficile par le fait que les fécondations croisées ne permettent pas l'existence de lignées pures naturelles et que les individus homozygotes, qui doivent servir de points de départ à une lignée pure, sont rares.

Il aurait donc pu paraître inutile de reprendre, pour le Blé, l'étude de la sélection appliquée à une lignée pure. Mais l'idée de la valeur améliorante du choix des épis et des semences était tellement ancrée dans l'esprit des agriculteurs, lorsque nous avons entrepris nos travaux de sélection, qu'il nous a paru indispensable d'opposer des résultats expérimentaux à cette conception erronée. De nombreux essais, très variés, ont été réalisés de 1907 à 1924. Nous en donnerons un court résumé.

Il faut d'ailleurs distinguer trois points de vue dans l'étude de l'influence de la sélection :

a) Hérédité des caractères servant de base à la sélection;

b) Productivité individuelle des plantes issues de semences choisies;

c) Rendement des cultures.

a) *Hérédité des caractères servant de base à la sélection.* — Nous avons choisi dans diverses lignées pures les plus gros et les plus petits grains, les épis les plus longs et les plus courts. Les semailles ont été faites, dans des conditions identiques, grain à grain, à 25^{cm} en tous sens pour permettre aux plantes un développement normal.

Influence de la grosseur des semences :

BLÉS EXPÉRIMENTÉS		Poids de 100 grains		Rapport $\frac{P}{G}$		Avantage en faveur des gros grains
		semés	récoltés	semés	récoltés	
Blés durs (moyenne de 10 lignées)	Gros grains G..	5,954	4,615	0,511	0,977	Minime dans : 7 cas sur 10
	Petits grains P.	3,225	4,510			
Blés tendres (moyenne de 6 lignées)	Gros grains G..	4,956	4,478	0,579	0,958	3 cas sur 6
	Petits grains P.	2,869	4,290			

Le poids individuel des grains est sensiblement le même dans les récoltes provenant de grosses et de petites semences.

Le même résultat a été obtenu, en même temps pour des lignées pures d'*Hordeum vulgare* et d'*Hordeum hexastichum*.

Influence de la longueur des épis :

BLÉS EXPÉRIMENTÉS		LONGUEUR MOYENNE des épis		RAPPORT P/G		AVANTAGE en faveur des longs épis
		semés	récoltés	semés	récoltés	
Blés durs : (moyenne de 6 lignées)	Grands épis G..	71,1	75,9	0,620	0,991	Minime dans : 4 cas sur 6.
	Petits épis P...	47,2	75,2			

La longueur des épis ne s'est pas transmise, malgré l'écart maximum entre les lots semés. Mêmes résultats pour des Orges.

La pratique, autrefois recommandée, d'éliminer les deux extrémités de l'épi pour ne semer que la partie moyenne, a été expérimentée en semant séparément les grains provenant des tiers inférieur, moyen et supérieur; elle n'a donné aucun résultat; elle ne représente d'ailleurs qu'un procédé très imparfait pour sélectionner les grosses semences.

Des expériences du même genre, rapportées par Mlle Dusseau (1931), portant sur le nombre des épillets, la longueur du rachis, le poids et le nombre de grains par épi, la densité des épis, ont abouti à la conclusion que la sélection d'après les caractères fluctuants, au sein d'une lignée pure, ne modifie pas sensiblement le polygone de fréquence de ces caractères et que les variations observées ne sont pas toujours dans le sens indiqué par la sélection.

b) *Productivité individuelle des plantes issues de semences choisies.* — Tout en admettant l'impossibilité de modifier par sélection les caractères fluctuants d'une lignée pure de Blé, il est permis de penser que la qualité des semences peut avoir une influence sur la vigueur des plantes qui en proviennent et, par conséquent, sur leur productivité individuelle.

Nous avons cherché à mettre cette influence en relief par la détermination de la faculté de tallage, du poids total de la récolte, du poids du grain, du rapport : $\frac{\text{grain}}{\text{récolté}}$, du rapport : $\frac{\text{grain récolté}}{\text{grain semé}}$, dans les expériences rapportées plus haut. Les résultats sont résumés ci-dessous, rapportés à 100 grains semés et 100 pieds récoltés :

BLÉS EXPÉRIMENTÉS	Poids de 100 grains		Tallage	Poids de la récolte		Rapports	
	semés	récoltés	moyen	totale	grain	gr./réc.	gr./sem.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Blés durs							
(moyenne de 10 lignées)	5,954	4,645	18,4	9.862	1.789	0,184	311
Semences provenant d'épis différents	3,225	4,510	16,1	8.641	1.612	0,187	506
Blés durs							
(moyenne de 11 lignées)	6,140	4,900	13,6	8.831	1.575	0.173	253
Semences prélevées dans les mêmes épis	4,610	4,830	12,3	8.025	1.367	0,169	309
Blés tendres							
(moyenne de 9 lignées)	4,956	4,478	31,1	12·700	2.675	0,210	539
Semences provenant d'épis différents	2,869	4,290	23,7	9.280	1.910	0,209	661

Au point de vue du *tallage*, l'écart entre les plantes provenant de grosses ou de petites semences est très sensible : un avantage des semences lourdes, sous le rapport du tallage, se manifeste dans la presque généralité des cas. L'abondance des réserves dans la graine permet sans doute à la jeune plante de former un système radiculaire bien développé, qui a pour conséquence ultérieure un vigoureux tallage. La faculté de tallage est plus élevée chez les Blés tendres que chez les Blés durs, pour les lignées mises en expérience.

La grande faculté de tallage des Blés sous le climat nord-africain reste sans emploi, le rapprochement des plantes dans la culture normale s'oppose au tallage, qui est réduit à une moyenne inférieure à 3 tiges par pied. Nous indiquons plus loin l'inconvénient des semis clairs, favorables au tallage, mais incapables de donner de hauts rendements à l'hectare.

La proportion de grain dans la récolte totale (rapport : grain/récolte) reste invariable, quelle que soit la grosseur des semences; cette stabilité montre que, dans les conditions de l'expérience, les plantes ont bien atteint leur entier développement, toutes les talles ayant normalement épié et mûri. Les résultats rapportés au paragraphe précédent montrent que la longueur des épis est la même dans les deux lots de chaque lignée. La récolte totale et la récolte en grain doivent donc croître dans la même proportion que le tallage; c'est bien ce que l'on constate.

Quand les conditions de milieu (écartement des pieds) permettent un complet développement des plantes, la *production individuelle des pieds de Blé* est sensiblement accrue pour ceux qui proviennent de semences lourdes.

Quant à *la faculté de multiplication* (rapport : grain récolte/grain

semé), elle est plus grande pour les petites semences que pour les grosses; l'excédent est sensible et il a été observé dans toutes les lignées soumises à l'expérience. La production en grain n'est donc pas proportionnelle au poids individuel des semences; autrement dit, le nombre des semences importe plus que leur poids.

Des résultats tout à fait concordants, pour tous les points de vue envisagés dans ce paragraphe b), ont été obtenus avec des Orges.

La productivité individuelle des pieds de Blé étant nettement affectée par la nature des semences employées, grâce à l'influence de la grosseur des semences sur le tallage, il devenait nécessaire de se rendre compte s'il ne serait pas possible, en sélectionnant, pendant plusieurs générations, dans une lignée pédigrée, des pieds présentant les caractères extrêmes au point de vue de la grosseur des grains et du tallage, d'isoler des *élites* améliorées ou des lots dégénérés. Nous n'avions guère d'illusions à ce sujet, après avoir constaté l'impossibilité d'accroître, par sélection, le volume des grains.

De 1921 à 1924, nous avons sélectionné, dans deux lignées pures, la Richelle 110 et le Mahmoudi Ap[4], les plus gros grains et les plus petits grains dans des pieds diversement tallés, en partant d'un pied initial pour chaque lignée.

Il nous paraît inutile de rapporter ici le détail des résultats; ils se résument en un mot : aucune amélioration, ni aucune dégénérescence, n'ont pu être obtenues.

En entreprenant cette sélection, nous pensions constater que l'emploi des grosses semences aurait pour conséquence la production de pieds très tallés dans lesquels des épis de formation tardive donneraient un grain plus petit (et inversement pour les petites semences), ce qui aurait permis d'expliquer la constance de la moyenne de chacun des deux caractères fluctuants, malgré la sélection, par une sorte de balancement entre les deux caractères.

L'étude de la corrélation entre le tallage et le poids moyen individuel des grains récoltés a montré que cette corrélation est inexistante: ces deux caractères restent uniquement sous la dépendance des conditions de milieu, sans aucun lien entre eux.

La productivité individuelle par pied de Blé n'est pas modifiable par sélection basée sur le tallage et la grosseur des grains.

c) *Rendement des cultures.* — Dans les conditions normales de la culture, les conditions sont tout autres que dans les expériences rappelées plus haut: la densité du semis réduit considérablement le tallage. Ce qui importe au cultivateur, ce n'est pas la productivité des pieds de Blé considérés individuellement, mais le rendement par unité de surface. Nous avons tenté de nombreux essais dans les con-

ditions de culture normale, sur petites parcelles ou en grande culture, avec des semences triées au crible ou au trieur à alvéoles, présentant des écarts plus ou moins grands de poids.

Un petit nombre de ces essais se trouvent rapportés ci-dessous :

Année 1909-1910, parcelles de 10 m² : même poids de semence triée et semence non triée.

	Poids du grain récolté, provenant	
	de semence triée	de semence non triée
	—	—
Blés durs (Total de 8 lignées), avantage pour semence triée : 1 cas sur 8.....	14.430 gr.	19.925 gr.
Blés tendres (total de 3 lignées), avantage pour semence triée : 1 cas sur 3.....	3.900	4.240
Orges escourgeons (total de 5 lignées), avantage pour semence triée : 4 cas sur 5.....	24.690	24.030

Années 1910-1911 et 1911-1912, résultats de même ordre avec des Orges escourgeons en grande culture.

Année 1912-1913, parcelles de 165 m², en culture très soignée, pour la multiplication de variétés à propager.

BLÉS DURS	POIDS de SEMENCE à l'hectare	RÉCOLTE totale	RÉCOLTE grain	RAPPORTS grain/récolte	RAPPORTS grain/semence
—	—	—	—	—	—
Mahmoudi ap 3 : grosses semences.....	55k.2	5.100 kg.	1.100 kg.	0,215	19,90
petites semences.....	60, 6	6.500	1.515	0,223	25
Souri acl. : grosses semences.....	105	9.000	1.700	0,190	16,20
petites semences.....	63, 6	9.400	2.128	0,226	34,30

Dans cette dernière expérience, le poids de semences à l'hectare était presque le même pour les deux catégories de semences de Mahmoudi; il était beaucoup plus considérable pour les grosses que pour les petites semences de Souri, afin de répandre à peu près le même nombre de grains à l'hectare. Dans les deux lignées, la récolte totale, le rendement en grain, la proportion de grain dans la récolte et le rendement par rapport à la semence sont plus élevés quand la récolte provient de petites semences.

D'autres expériences, effectuées pendant les années 1914 et 1915, et 1916-17, dont nous ne rapportons pas les chiffres parce que nous

n'avons pas pu contrôler personnellement le battage, n'ont donné d'avantage sérieux en faveur des grosses semences qu'en 1915, pour les Blés tendres seulement. Il est à noter que le printemps 1915 fut très pluvieux jusqu'à la moisson. Des déchets de triage, représentant 7 à 9 % du poids de la semence, éliminés au trieur à alvéoles, et qu'il ne viendrait à l'esprit d'aucun agriculteur de semer, ont donné, en 1917, un rendement égal et parfois supérieur, pour les Blés durs et Blés tendres, à celui provenant de la semence triée.

On peut conclure de ces expériences que les grosses semences donnent sans doute des pieds plus vigoureux, tallant davantage, résistant peut-être mieux, en France, aux intempéries de l'hiver, mais dont la résistance à la sécheresse printanière, presque normale dans les climats chauds et secs, paraît amoindrie par suite de la production de talles qui ne produisent pas d'épis. Le rendement à l'hectare se trouve donc différemment affecté, selon que le climat fait courir plus de risques à la récolte au début de la végétation ou pendant la période de la maturation.

Pour le Nord de l'Afrique, il ne faut demander au triage que l'élimination des grains étrangers et des grains cassés: tout grain entier et sain, quelle qu'en soit la taille, constitue une bonne semence.

On a parfois conseillé *d'entourer de soins spéciaux* les porte-graines, avec l'espoir que les qualités quantitatives ainsi développées se conserveront partiellement, dans une culture normale, comme une disposition acquise qui ne disparaît que peu à peu après la suppression de la cause qui l'a déterminée.

En 1909, nous avons semé comparativement des poids égaux de semences provenant d'une culture normale et d'une culture de pieds espacés à 25 centimètres en tous sens et binés. Les résultats furent les suivants, pour 100 grammes de semences :

	Poids de la récolte de grain :		
	Semence ordinaire	Semence prise sur récolte espacée et binée	Avantage pour la semence du 2e lot
Blés durs (total de 9 lignées).....	16 kg. 060	15 kg. 140	minime dans 5 cas sur 9.
Orges escourgeons (total de 5 lignées).....	17 kg. 955	18 kg. 600	minime dans 5 cas sur 5.

Il semble que nous soyons fondé à conclure, des essais nombreux et variés auxquels nous avons procédé, que le choix des semences :

1° n'a aucune influence sur l'hérédité des caractères fluctuants d'une lignée pure de Blé;

2° peut agir sur le développement individuel des pieds de Blé;

3° n'a aucune influence, dans le Nord de l'Afrique, sur le rendement par unité de surface.

Une lignée pure de Blé est caractérisée par des particularités morphologiques totalement héréditaires, par des caractères fluctuants, morphologiques et physiologiques, dont la variabilité dépend de la nature de la lignée (hérédité) et des conditions de milieu.

Une lignée pure de Blé n'est susceptible ni d'amélioration, ni de dégénérescence, par sélection des porte-graines.

Les variations apportées aux caractères fluctuants par le milieu (soins culturaux) n'ont aucune répercussion sur les récoltes ultérieures.

B. HYBRIDES

4. Fécondation naturelle

Nous indiquons plus loin, au chapitre Morphologie et Physiologie du Blé (§ 6), les conditions dans lesquelles s'opèrent la floraison et la fécondation de cette céréale.

En règle générale, il y a autopollinisation et autofécondation, ce qui permet de conserver côte à côte des lignées pures, sans qu'elles s'abâtardissent par formation de nombreux hybrides entre elles.

Pour très générale qu'elle soit, cette règle comporte cependant des exceptions.

Divers auteurs ont signalé des cas de croisements spontanés entre des variétés de la même espèce, entre des espèces du même groupe ou de groupes différents et entre le *Triticum* et les genres affines *Secale* et *Aegilops*. Nos observations personnelles apportent une petite contribution à la connaissance de ces cas d'allogamie fortuite :

a) *Les croisements intraspécifiques* ont été observés dans les Indes par les Howard (1910), qui en ont réuni de nombreux cas, par Wimshurst (1920) en Mésopotamie. Nilsson-Ehle (1915) estime à 0,9 le plus haut pourcentage d'hybrides naturels trouvé entre les variétés en Suède. Hayes (1918), en semant côte à côte des Blés tendres barbus ou sans barbes, pubescents ou glabres, obtint des hybrides naturels dans une proportion atteignant jusqu'à 3 %, à la Station expérimentale du Minnesota. Percival (1921) en obtint régulièrement dans ses cultures de collections à Reading (Angleterre). Garber et Quisenberry (1923), en opérant sur des Blés d'hiver, dans la Virginie occidentale, signalent moins de 1 % de croisements naturels et indiquent que le nombre le plus élevé est donné par les variétés à floraison précoce.

Des recherches sur les croisements naturels entre Blés ont été poursuivies pendant la période décennale 1917-1926 à Arlington Farm, près de Washington, par LEIGHTY et TAYLOR (1927), qui donnent les conclusions suivantes : le pourcentage de croisements fortuits est très variable suivant les variétés; le maximum atteint fut de 34 % pour une lignée de Fulcaster en 1917; les différences entre les variétés sont dues probablement aux conditions de milieu, celles qui sont pollinisées par d'autres variétés sont les moins bien adaptées à la région; la fréquence du croisement n'est pas affectée par la sécheresse ou l'humidité pendant la période de floraison; en 1924, on observa, sur cinq variétés de Blé tendre, six fois plus de croisements sur les épis secondaires que sur les épis primaires.

Nous observons nous-même, tous les ans, dans nos champs d'expérience, où des milliers de lignées pures sont cultivées côte à côte, des cas, rares d'ailleurs, de croisements naturels, qui se signalent par l'apparition, dans une culture pure, de pieds aberrants dont la descendance donne, l'année suivante, une disjonction mendélienne portant sur plusieurs caractères. Il ne suffit pas, en effet, de constater la présence d'une plante hors type pour conclure à un croisement spontané; elle peut constituer une impureté accidentelle ou provenir d'une mutation; seule l'étude de sa descendance peut fixer sur son origine hybride.

Voici un exemple, parmi ceux que nous avons suivis : un Blé tendre (n° 49) reçu d'Australie en 1913, à épi blanc, mutique, glabre, reste pur jusqu'en 1919. Dans la culture 1919-1920 (un are), nous trouvons un pied à épi roux, barbu et pubescent. Ce pied, semé à part en 1920, donne une descendance présentant les combinaisons des caractères suivants :

épi de densités différentes, blanc ou roux plus ou moins foncé, barbu, demi-barbu ou mutique;

glumes glabres ou pubescentes, à pointe presque nulle ou de longueur variable atteignant jusqu'à 30^{mm};

grain de grosseur variable, blanc clair à ambré foncé;

paille pleine ou creuse.

Il est bien certain qu'une telle disjonction ne peut s'expliquer que par un croisement antérieur; le pied aberrant n'appartenait pas à la F^1, car il possédait un caractère récessif : la présence des barbes; d'ailleurs, la récolte de l'are, semée l'année suivante, montra de nouveaux pieds aberrants d'origine hybride.

Les cas de fécondation croisée sont considérés comme assez rares pour être négligés dans la pratique agricole, lorsqu'il s'agit de grandes surfaces ensemencées d'une seule variété, même si cette dernière voisine avec d'autres variétés.

Les observations qui précèdent et celles dont nous allons parler montrent que ces cas ont une fréquence assez grande dans les cultures de variétés en mélange, ainsi que dans les stations de sélection où de nombreuses variétés sont concentrées sur un espace restreint.

Cette allogamie fortuite a joué, et joue sûrement encore, un rôle important dans l'apparition de formes nouvelles parmi les cultures mélangées qui ne sont soumises à aucune sélection.

Elle nécessite une surveillance attentive des cultures d'expérience et des cultures pour semences, si l'on veut en maintenir la pureté.

Deux exemples permettent de se rendre compte de l'importance de ce risque d'altération de la pureté des variétés.

Pendant la guerre, une visite au Service Botanique nous permit de surprendre, au moment du battage des parcelles de grande culture, un mélange fortuit de quelques gerbes de Blé tendre Mahon 124, barbu et tardif, avec la Richelle 110 complètement mutique et demi-hâtive. Nous avons pensé pouvoir épurer la récolte de Richelle sur pied, l'année suivante, la différence d'époque de floraison paraissant devoir s'opposer à la fécondation croisée. Malgré tous les soins apportés à cette sélection en masse, la récolte suivante contenait des épis barbus. Une nouvelle sélection fut pratiquée dans les gerbes, ouvertes, et dont un certain nombre furent très soigneusement épurées et semées à part : résultat nul. Pour plus de sécurité, on préleva un à un des épis typiques de Richelle pour en faire de la semence : on trouva dans la culture un grand nombre d'épis barbus. La présence d'épis à barbes plus ou moins avortées et d'autres caractères intermédiaires dénotaient d'ailleurs l'état hybride de beaucoup de pieds. Il fallut reconstituer le Richelle à partir d'une lignée pure.

Le même accident s'est produit en 1928 avec le Blé tendre Irakié 231, également mutique et précoce, qui s'est hybridé spontanément avec un Blé barbu et tardif.

Ces deux cas, très nets, comportent la fécondation de Blés précoces par des pollinisateurs tardifs. Nous avions pensé que les épis chétifs des talles retardataires chez les premiers pouvaient être fécondés par le pollen échappé des premières fleurs des seconds. Les conclusions de Leighty et Taylor, rapportées plus haut, confirment notre supposition. Watkins (1930) écrit aussi que les cas de fécondation croisée intéressent surtout les plantes qui nouent mal leur grain par suite de la mauvaise qualité du pollen résultant de l'état hybride ou d'une mauvaise adaptation à la région.

Remarquons aussi que, le caractère présence de barbes étant récessif par rapport à l'état mutique, il n'est pas possible d'épurer un Blé mutique en enlevant les épis barbus provenant d'un croisement, tandis qu'il serait facile d'épurer un Blé barbu en enlevant les épis mutiques, si les deux Blés croisés ne différaient que par ce caractère.

On s'aperçoit facilement d'hybridations qui portent sur les couples de caractères très visibles : couleur et pubescence des épis, présence ou absence de barbes; il est probable que beaucoup d'autres, plus difficiles à déceler, passent longtemps inaperçues et sont la cause de la prétendue dégénérescence des variétés pures.

Il faut conclure que la possibilité des croisements fortuits entraîne, pour les sélectionneurs, l'obligation de maintenir la pureté de leurs lignées en repartant fréquemment de pieds-mères dont la stabilité est soigneusement contrôlée.

De même, quand une variété nouvelle, issue d'hybridation, est livrée à la culture avant épuration complète, les croisements ultérieurs, entre les génotypes et les phénotypes qu'elle renferme, en déterminent une variation désordonnée dont la cause n'est pas toujours soupçonnée.

b) *Les hybridations interspécifiques* dans le même groupe donnant des formes fertiles et stables, le croisement naturel a dû se produire souvent. Leighty et Taylor (1927), dans leur importante étude rappelée plus haut, rapportent que deux *T. spelta* spécialement semés au voisinage de *T. vulgare*, en 1924, ont été entièrement autoféconds, mais ont servi de parents pollinisateurs à 58 hybrides naturels avec les Blés tendres voisins.

Il est donc probable que de semblables hybridations ont dû jouer un rôle dans la diversification des formes de chaque espèce, rôle actuellement réduit par la sélection et le triage des semences.

Ducellier (1928) a décrit en Algérie des formes speltoïdes et des formes durelloïdes, qui se disjoignent à la génération suivante, et qui sont très vraisemblablement des hybrides.

c) *Les hybridations naturelles entre espèces* appartenant à des *groupes différents* ont été plusieurs fois signalées et étudiées.

Ph. de Vilmorin (1921) a constaté, à Verrières, l'hybridation de *Triticum dicoccoïdes* avec les Blés de sa collection et la disjonction des hybrides en de nombreuses formes appartenant aux espèces *dicoccum*, *durum*, *vulgare* et *spelta*.

Le Huguenot, sélectionné en Australie par Correl, et donné d'abord comme une mutation mutique du Médéa, a été reconnu depuis comme étant un hybride *T. durum* × *T. vulgare*. Il a fourni dans nos cultures une disjonction extraordinaire comprenant près d'un millier de formes sur lesquelles nous reviendrons plus loin (Bœuf, 1922).

d) Les cas *d'hybridation intergénérique* naturelle se rapportent aux genres *Secale* et *Aegilops*.

Meister (1921), à Saratov (Russie), a trouvé des cas très fréquents de fécondation du Blé tendre par le Seigle, la proportion allant jus-

qu'à 20 % pour la variété *T. vulg. erythrospermum*. Il remarque que les hybrides se trouvent surtout dans les parcelles dont la fin de la floraison coïncide avec la pleine floraison du Seigle, que la résistance des hybrides au froid est d'autant plus grande qu'ils se rapprochent plus du type Seigle.

Ce cas d'hybridation spontanée se montre assez fréquent dans la bordure de Seigle qui entoure le champ d'expériences du Service Botanique, ce Seigle étant mélangé de Blés qu'il pollinise.

Popova (1923) a signalé la grande fréquence des fécondations naturelles de *Aegilops cylindrica* Host. et *Aegilops crassa* Bois. par *T. vulgare* dans le Turkestan. Les hybrides qui en résultent sont rarement fertiles.

Quelle a pu être l'influence de l'hybridation inter-groupes de *Triticum* ou intergénérique sur la naissance de formes nouvelles ? Watkins (1930) estime que « le croisement naturel entre deux groupes a peu fait pour augmenter leur diversité », et il cite comme argument que les Blés à 28 chromosomes dépourvus de barbes sont très rares, bien qu'ils donnent avec les variétés mutiques du *vulgare* à 42 chromosomes des hybrides féconds.

L'exemple de la disjonction du Huguenot est typique à ce point de vue : nous avons obtenu de nombreuses lignées stables de véritables *durum* barbus, de véritables *vulgare* barbus ou mutiques, mais aucun *durum mutique* stable. Malgré une sélection poursuivie pendant une dizaine d'années, tous les *durum* à barbes plus ou moins avortées ont continué à se disjoindre. Il semble cependant que le croisement *d'une seule variété de durum* par *une seule variété de vulgare* peut donner *plusieurs variétés stables* de chacun des deux groupes, par combinaisons des caractères sans doute communs à ces deux groupes, et concourir ainsi à la diversification de ces derniers. C'est d'ailleurs l'avis de Vavilov, qui écrit (1922) que *T. turgidum*, *T. vulgare* et *T. compactum* ont probablement participé à la formation des Blés tendres européens mutiques à épi carré.

Nous nous proposons de reprendre cette étude en effectuant des croisements inter-groupes.

5. Hybrides intra-spécifiques

L'hybridation entre variétés de Blé de la même espèce, unissant des gamètes de constitutions génétiques presque identiques, puisqu'ils ne diffèrent que par la possession des allélomorphes des caractères de l'espèce, ne s'accompagne d'aucune particularité cytologique qui la distinguerait d'une fécondation normale, d'une autofécondation par exemple.

Toutefois, THOMPSON (1931) signale que l'appariement des chromosomes à la prophase hétérotypique n'est pas toujours complet.

C'est dans le cas des hybridations interspécifiques qu'il convient d'étudier la ségrégation des caractères, de déterminer s'ils sont représentés par des allélomorphes simples ou multiples, de reconnaître les dominances, les liaisons de caractères, les irrégularités et anomalies qui peuvent apparaître.

L'étude génétique des caractères dans les cas de fécondation entre espèces différentes se heurte à des complications dues à des différences entre les garnitures chromosomiques ou tout au moins à la mise en présence de gènes porteurs de caractères non homologues. Beaucoup de caractères essentiels se trouvent alors liés au type spécifique et se transmettent en bloc. Nous envisagerons ce cas dans les paragraphes suivants.

Le nombre de caractères dont l'étude génétique pourrait être entreprise dans les croisements interspécifiques de Blé dépasse 60 pour les Blés tendres et pour les Blés durs. On est loin de les avoir tous envisagés, la plupart des auteurs ayant limité leurs études à ceux des caractères qui sont utilisés pour différencier les variétés botaniques.

Les nombreuses hybridations réalisées au Service Botanique de Tunisie entre Blés tendres et entre Blés durs, pour des fins pratiques d'amélioration économique, ont permis un certain nombre d'observations et dans divers cas l'établissement de la statistique de la ségrégation de quelques caractères. Nous rapporterons ces résultats en les comparant à ceux obtenus par d'autres expérimentateurs.

a) HYBRIDATIONS ENTRE VARIÉTÉS DE « TRITICUM VULGARE » HOST.

Forme et densité des épis. — La forme des épis dépend de la densité (nombre des épillets sur 10 centimètres de longueur du rachis), des variations de cette densité dans les différentes parties du rachis et de la fertilité des épillets.

L'influence de la densité se comprend sans difficulté; certains Blés tendres ont des épis très lâches, à épillets éloignés les uns des autres, laissant apparaître des parties du rachis non recouvertes (blé de Mahon p. ex.); d'autres ont des épis denses, à épillets très rapprochés, cachant complètement l'axe et allant jusqu'à la forme *compactum* qui caractérise l'espèce *Tr. compactum* très voisine de *Tr. vulgare*. D'après KAJANUS (1927), les formes *compactum* de *vulgare* diffèrent de *Tr. compactum* comme les formes speltoïdes diffèrent de *vulgare* (pseudo-isotypie de KAJANUS) et l'on doit les désigner sous le nom de *subcompactum*. On peut admettre que les pseudo-isotypes diffèrent par un facteur.

La densité peut varier beaucoup suivant les parties de l'épi. Chez de nombreux hybrides, elle est plus grande dans la région terminale et il en résulte un élargissement qui donne à l'épi une *forme spatulée*. Cette particularité est très fluctuante, même dans une lignée qui paraît pure sous le rapport de tous les autres caractères, et il serait difficile de l'attribuer à un facteur bien défini.

La fertilité des épillets, qui va de deux à cinq et même six grains par épillet, donne à l'épi un faciès spécial que l'on peut traduire par les noms de formes cylindrique, quadrangulaire, aplatie suivant les faces, aplatie suivant les profils des épillets, effilée au sommet, etc., selon la combinaison de cette fertilité avec la distribution de la densité le long du rachis.

Si l'on pense que la densité et la fertilité dépendent elles-mêmes, pour une partie tout au moins, des facteurs du milieu, on comprendra qu'il est difficile de suivre le comportement héréditaire des facteurs qui interviennent dans la forme de l'épi. Une étude détaillée serait nécessaire pour y parvenir.

Nous nous bornerons à indiquer comment se répartissent les formes d'épi en spatules, denses et lâches, dans un certain nombre de nos hybridations entre Blés tendres.

Ci-dessous les densités obtenues en F^1 et F^2 dans 7 croisements.

Tableau 2. — **Hérédité de la densité et de la forme spatulée des épis**

N° d'ordre	PARENTS S = spatulée C = cylindrique densités	F^1 forme densité	F^2			
			Epis cylindriques (C)		Epis spatulés (S)	
			Densité	Nombre	Densité	Nombre
7	Cuboni × Florence S 31 × C 16.....	S 16.7	22 à 25	191	26 à 29.9	36
8	Irakié × Riccio S 16 × S 28.7.....	S 19	20.4 à 26.3	109	24.4 à 30	105
9	Irakié × Ardito C 16.5 × S 26.....	S 18.7	17.2 à 21.7	147	19 à 30	152
13	Gores Indian × Ardito C 25 × S 26.....	S 19.1	23.3 à 26.8	29	20.9 à 30.5	119
18	Irakié × Cuboni C 16.5 × S 31.....	S 21	20.5 à 21.7	114	22.1 à 35.7	250
24	Richelle × Ardito C 16 × S 26.....	C 21	17.1 à 21.8	28	18.2 à 22.1	40
25	Richelle × Riccio C 16 × S 28.7.....	S 26	20.4	82	23.2 à 26	51

Le tableau ci-dessus montre que la forme spatulée de l'épi peut être considérée comme caractère dominant, puisqu'on la trouve dans tous les cas, sauf un, chez l'hybride F^1. Cet hybride présente une densité intermédiaire entre celles des deux parents, mais qui reste parfois très voisine de celle du parent le moins dense, bien que l'épi présente une forme légèrement spatulée. Les F^1 sont cultivés isolément pour en obtenir un gros tallage et une abondante fructification; leur vigueur est encore accrue par l'hétérosis, et il en résulte souvent un allongement des entre-nœuds de l'épi.

Les densités des hybrides F^2 sont également intermédiaires entre celles des parents, avec, parfois, quelques variations transgressives dans un sens ou dans l'autre.

Les proportions respectives de pieds à épis spatulés et de pieds à épis cylindriques sont très variables d'une hybridation à l'autre; il est d'ailleurs difficile d'établir une limite précise entre les deux formes. Le même Blé spatulé, hybridé avec deux Blés à épi cylindrique, transmet son caractère dans des proportions parfois inverses (ex. Cuboni n° 7 et n° 18); il en est de même pour le même Blé à épi cylindrique hybridé par différents Blés à épi spatulé (ex. : Irakié n°s 8, 9 et 18, Richelle n°s 24 et 25). Une forte densité du Blé à épi cylindrique semble favoriser l'apparition de la forme spatulée (ex. : Gores Indian n° 13).

L'état spatulé ne dépend pas uniquement de la densité; certains épis cylindriques sont plus denses que des épis spatulés, parfois dans une même hybridation.

Dans le tableau suivant, nous donnons les résultats d'une étude comparative de l'influence de plusieurs Blés à épi spatulé sur plusieurs Blés à épi cylindrique de faible densité (voir tableau 3).

L'hybride F^1 a toujours une densité intermédiaire entre celles des parents.

Les Blés Medeheba et Irakié sont beaucoup plus influencés par les géniteurs à épi spatulé que les Blés Florence et Richelle. Pour ces derniers, et surtout pour la Richelle, la F^1 n'est pas toujours spatulée et le nombre de F^2 présentant cette forme d'épi est très réduit.

La fécondation des Blés Pusa, Florence et de leurs hybrides avec les deux Blés Akagomughi et Chinko, qui sont très denses mais faiblement spatulés, donne une F^1 d'assez faible densité et non spatulée, mais la forme spatulée apparaît en forte proportion chez les F^2.

Le Baroota, *vulgare* de faible densité, donne des F^2 spatulés quand on l'hybride avec des *vulgare* de très forte densité (Chinko, Gumpri) ou avec un vrai *Tr. compactum*. Il est à remarquer que ce dernier donne avec le Baroota un hybride F^1 dont la densité égale presque celle du *compactum*, ce qui indiquerait une dominance complète,

TABLEAU 3. — **Hérédité de la densité et de la forme spatulée des épis**

(S = spatulée ; C = cylindrique)

N° D'ORDRE	PARENTS — VARIÉTÉS	PARENTS — DENSITÉS	F1 — DENSITÉ	F2	
				spatulés	non spatulés
37	Medeheba × Italo-Giglioli...	C. 17,6 × S. 23	S. 20 à 23	22	306
38	Medeheba × Villa Glori.....	C. 17,6 × S. 28	S. 20 à 23	51	277
39	Irakié × Villa Glori.....	C. 16,5 × S. 28	S. 22	158	200
40	Irakié × Italo-Giglioli.....	C. 16,5 × S. 23	S. 22	76	336
68	Italo-Giglioli × Irakié.....	S. 23 × C. 16,5	S. 20,9	78	274
41	Irakié × Potenziani	C. 16,5 × S. 28,6	S. 23	145	347
42	Irakié × Stamura.....	C. 16,5 × S. 28	S. 23,3	55	279
43	Irakié × Fausto Sestini.....	C. 16,5 × S. 30	S. 22,8	201	316
44	Irakié × Akagomughi.....	C. 16,5 × S. 27,9	S. 23,8	123	434
45	Irakié × Chinko.....	C. 16,5 × S. 33,8	S. 26	70	348
47	Florence × Villa Glori.....	C. 16,3 × S. 28	S. 21,9	53	366
48	Florence × Italo-Giglioli....	C. 16,3 × S. 23	C. 17,4	8	540
49	Florence × Potenziani.....	C. 16,3 × S. 28,6	S. 24	15	318
50	Florence × Stamura.....	C. 16,3 × S. 28	C. 23,4	0	475
50 bis	Florence × Stamura.....	C. 16,3 × S. 28	S. 20	5	141
51	Florence × Chinko.....	C. 16,3 × S. 33,8	C. 24,1	45	409
52	Richelle × Villa Glori.....	C. 15,9 × S. 28	C. 22,2	27	254
53	Richelle × Potenziani.....	C. 15,9 × S. 28,6	S. 23,6	35	421
54	Richelle × Italo-Giglioli...	C. 15,9 × S. 23	C. 20,8	4	269
55	Richelle × Fausto Sestini...	C. 15,9 × S. 30	S. 22,7	70	385
58	Richelle × Cuboni.....	C. 15,9 × S. 31	S. 18,8	78	292
60	Richelle × Akagomughi.....	C. 15,9 × S. 27,9	S. 23,3	8	370
61	Richelle × Chinko.....	C. 15,9 × S. 23,8	S. 21,6	23	237
72	Pusa × Flor. 380 × Akagomughi.....	C. 18,5 × S. 27,9	C. 17,9	40	178
73	Pusa × Flor. 381 × Akagomughi.....	C. 18,9 × S. 27,9	C. 18,7	53	170
74	Pusa × Flor. 387 × Akagomughi.....	C. 19,4 × S. 27,9	C. 18,4	16	109
75	Pusa 348 × Akagomughi....	C. 18,4 × S. 27,9	C. 22,3	35	85
76	Pusa 355 × Akagomughi....	C. 18,6 × S. 27,9	C. 21,8	15	127
77	(Flor. × Aurore 589) × Akagomughi.....	C. 18,5 × S. 27,9	C. 21,9	21	69
78	Florence × Akagomughi....	C. 16,3 × S. 27,9	C. 21,2	36	64
80	Bena × Akagomughi.....	C. 20,8 × S. 27,9	C. 26,4	31	33
81	(Pusa × Flor. 380) × Chinko	C. 18,5 × S. 33,8	C. 22,1	33	44
82	(Pusa × Flor. 381) × Chinko	C. 18,9 × S. 33,8	C. 27,5	102	92
83	(Pusa × Flor. 387) × Chinko	C. 19,4 × S. 33,8	C. 20,9	52	80
84	Pusa 348 × Chinko.....	C. 18,4 × S. 33,8	C. 20,9	53	62
85	Pusa 355 bis × Chinko.....	C. 18,6 × S. 33,8	C. 24,3	14	27
86	(Florence × Aurore 589) × Chinko.....	C. 18,5 × S. 33,8	C. 21,9	23	76
87	Hard Fédération × Chinko..	C. 20,4 × S. 33,8	C. 23,5	51	43
88	Baroota × Chinko.....	C. 20,3 × S. 33,8	C. 20,1	25	257
89	Baroota × Gumpri.....	C. 20,3 × S. 39,8	S. 26,3	30	44
90	Baroota × Tr. compactum...	C. 20,3 × S. 35,4	S. 24,7	96	105

tandis que les *sub-compactum* donnent une F^1 de densité intermédiaire, la dominance étant incomplète. Ce fait serait toutefois à vérifier sur un certain nombre d'hybridations.

Il faut donc conclure que le caractère spatulé, dû à une condensation à la partie supérieure de l'épi, est bien héréditaire, comme d'ailleurs la densité moyenne, mais que sa ségrégation varie, dans une large mesure, et pour des causes inconnues, suivant la nature des deux géniteurs associés.

La fertilité des épillets, qui se traduit par le nombre de grains par épillets, se comporte comme caractère dominant et subit une ségrégation dans la F^2. Mais ce caractère est tellement influençable par les conditions de nutrition de l'épi que nous avons renoncé à en établir la statistique. Il varie, en effet, sur la même plante, suivant la date de formation des épis, les derniers sortis étant toujours moins fructifères que les premiers.

États aristé, acuminé, mutique. — Au point de vue du développement de la pointe de la glumelle externe, on peut diviser les *Triticum vulgare* en trois catégories : les formes barbues ou aristées pourvues d'arêtes, généralement rugueuses; les formes acuminées, qui ne présentent que des pointes prolongées par un aiguillon de quelques millimètres à 15-20^{mm}, surtout développées dans la partie supérieure de l'épi, l'ensemble de ce dernier donnant l'impression qu'il est dépourvu de barbes; les formes complètement mutiques, dans lesquelles la glumelle est terminée, comme la glume, par une pointe courte, mousse.

Les formes vraiment mutiques sont relativement rares. A. et G. Howard les ont signalées et nous en possédons plusieurs. Au point de vue du comportement génétique, il importe de bien établir les trois sections et non pas deux seulement (Blés barbus et Blés non barbus).

D'après A. et G. Howard (1912-1915), le croisement forme barbue × forme acuminée donne F^1 acuminée et en F^2 la disjonction 1 : 2 : 1; celui forme barbue × forme mutique donne F^1 presque mutique et en F^2 une série continue avec 15 plus ou moins barbus pour 1 mutique.

Des cas de transgression ont été signalés : F^2 barbus dans un croisement de formes non barbues (Rimpau 1891, Spillman 1902, Biffen 1916, Nilsson-Ehle 1920). D'après ce dernier auteur, mutique domine les deux autres et acuminé domine aristé.

Nous donnons, dans le tableau N° 4, l'hérédité des barbes et des pointes qui terminent les glumes dans un certain nombre de nos hybrides de Blé tendre. Nous avons groupé les cas présentant les mêmes associations de caractères parentaux, en distinguant, parmi ceux-ci, les états complètement mutique, acuminé, bréviaristé et aristé.

Pour la statistique chez les F^2, nous avons réuni bréviaristé et aristé, ces états présentant des séries plus ou moins continues dans lesquelles il est difficile de faire une coupure (v. tableau 4).

L'examen des chiffres de ce tableau montre l'impossibilité d'établir des rapports entre les formes disjointes en F^2. On ne peut faire que quelques remarques n'ayant, pour la plupart, aucun caractère général permettant de les ériger en règle.

Le croisement de deux Blés mutiques a toujours donné une F^1 mutique.

Les deux cas réguliers (53-56), dont la F^2 ne comprend que des mutiques, correspondent à des hybridations entre des lignées pures n'ayant pas d'origine hybride connue de nous; le cas (41), qui comporte une hybridation entre deux Blés compris dans les deux cas précédents, a donné des acuminés, en faible proportion, toutefois (18/494).

Les Blés utilisés à ces hybridations sont absolument mutiques, sans trace de pointes aux glumelles; nous les cultivons, sans variation, depuis de nombreuses années. Faut-il conclure à l'apparition de formes acuminées à la suite d'une mutation déclenchée par le croisement, ou à la combinaison de gènes séparés chez les parents mutiques et dont l'union produit l'apparition des pointes de glumes ? Avant de répondre, il faut continuer l'examen des résultats et même envisager divers caractères généralement considérés comme suivant la ségrégation mendélienne.

Le croisement d'un Blé mutique par un Blé acuminé, et le croisement réciproque (noté à la suite dans le tableau) donnent toujours une dominance de la forme mutique en F^1.

Dans la série Mutique × Bréviaristé, nous avons employé comme père des Blés denses à barbes courtes, celles de la partie inférieure de l'épi étant même incomplètement développées. La forme mutique domine à la première génération; elle reste toutefois un peu incertaine dans divers cas (mutique ?), les pointes de glumes étant fines, aiguës. Il n'est pas possible d'établir une proportion mutique : acuminés ou aristés à la F^2, car on se trouve en présence de véritables séries continues avec transgression du côté allongement des barbes.

Le croisement Mutique × Aristé et sa réciproque donnent également des séries continues.

La série Acuminé × Acuminé donne une F^1 tantôt acuminée, tantôt mutique, et, à la F^2, tantôt des mutiques et des acuminés sans proportion définie, tantôt la dernière forme seulement.

Dans les nombreux croisements Acuminé × Bréviaristé et la réciproque, c'est la forme acuminée qui domine toujours à la F^1. Dans

Tableau 4. — Hérédité des barbes et des pointes des glumelles chez les hybrides

N° d'ordre	PARENTS	Hybride F1	HYBRIDE F2 NOMBRE DE PIEDS		
			mutiques	acuminés	brév. et aristés
		Mutique × *Mutique*			
41	Irakié 231 × Potenziani	mutique	494	18	
53	Richelle 110 × Potenziani	—	476		
56	Richelle 110 × Irakié 231	—	213		
		Mutique × *Acuminé*			
7	Cuboni × Florence 135	mutique	278	23	
8	Irakié 231 × Riccio	—	90	125	
18	Irakié × Cuboni	—	184	148	
25	Richelle 110 × Riccio	—	104	27	
39	Irakié 231 × Villa Glori 663	—	202	147	
40	Irakié 231 × Italo-Giglioli 660	—	165	256	
42	Irakié 231 × Stamura 661	—	212	122	
43	Irakié 231 × Fausto Sestini 664	—	301	218	
52	Richelle 110 × Villa Glori 663	—	182	90	
54	Richelle 110 × Italo-Giglioli 660	—	170	75	
55	Richelle 110 × Fausto Sestini 664	—	303	152	
58	Richelle 110 × Cuboni	—	226	144	
		Acuminé × *Mutique*			
49	Florence 135 × Potenziani	mutique	364	63	
66	Baroota 52 × Richelle 110	—	26	22	
68	Italo-Giglioli 660 × Irakié 231	—	139	154	
		Mutique × *Bréviaristé*			
13	Gores Indian × Ardito	mutique	16	69	73
9	Irakié 231 × Ardito	—	80	192	12
24	Richelle 110 × Ardito	—	38	30	10
24bis	Richelle 110 × Ardito	—	23	9	3
44	Irakié 231 × Akagomughi 749	—	264	216	76
45	Irakié 231 × Chinko 743	mut. + acu.	242	197	
59	Richelle 110 × Chinko 743	mutique	138	84	37
60	Richelle 110 × Akagomughi 749	—	202	157	
72	Pusa Flor. 380 × Akagomughi 749.	—	111	78	29
73	Pusa Flor. 381 × Akagomughi 749.	—	140	58	15
81	Pusa Flor. 380 × Chinko 743	—	51	20	6
82	Pusa Flor. 381 × Chinko 743	—	198	45	11
87	Hard Fédération 798 × Chinko 743.	—	67	23	3
		Mutique × *Aristé*			
61	Irakié 231 × Mahon 73	acuminé	46	78	22

TABLEAU 4 (*suite*). — **Hérédité des barbes et des pointes des glumelles chez les hybrides**

Nos D'ORDRE	PARENTS	HYBRIDE F1	HYBRIDE F2 NOMBRE DE PIEDS		
			mutiques	acuminés	brév. et aristés
	Aristé × *Mutique*				
32	Mahon 73 × Riccio.....	mutique	79	54	74
64	Mahon 73 × Stamura 661.....	acuminé		101	7
	Acuminé × *Acuminé*				
22	Florence 135 × Riccio.....	acuminé		230	
37	Medeheba 226 × Italo-Gigliori 660.	mutique	180	148	
38	Medeheba 226 × Villa Glori 663...	—	197	161	
47	Florence 135 × Villa Glori 663.....	acuminé		419	
48	Florence 135 × Italo-Gigliori 660..	—		348	
50	Florence 135 × Stamura 661.....	—		475	
50bis	Florence 135 × Stamura 661.....	—		146	
90	Florence 135 × Compactum 1.....	—		201	
	Acuminé × *Bréviaristé*				
27	Baroota 52 × Ardito.....	acuminé		75	23
51	Florence 135 × Chinko 743.....	—		347	107
74	Pusa Flor. 387 × Akagomughi 749.	—		96	29
75	Pusa 348 × Akagomughi 749.....	—	69	23	6
76	Pusa 355 × Akagomughi 749.....	—		102	40
77	Flor. Aurore 589 × Akagomughi 749	—	10	68	26
79	Florence 135 × Akagomughi 749..	—	24	63	23
78	Bena 800 × Akagomughi 749.....	—		125	
83	Pusa Florence 387 × Chinko 743...	—		94	38
84	Pusa 348 × Chinko 743.....	—	26	59	30
85	Pusa 355 × Chinko 743.....	—		25	8
86	Florence Aurore 589 × Chinko 743.	—		74	25
88	Baroota 52 × Chinko 743.....	—	79	140	63
89	Baroota 52 × Gumpri 748.....	—		60	
	Bréviaristé × *Acuminé*				
65	Akagomughi 749 × Baroota 52.....	acuminé	6	257	82
	Aristé × *Acuminé*				
67	Mahon 73 × Baroota 52.....	acuminé		293	140
	Bréviaristé × *Aristé*				
62	Akagomughi 749 × Mahon 73.....	aristé			78

6 cas sur 16, on voit apparaître des mutiques à la F^2 et, dans deux cas, la forme aristée disparaît.

Enfin, dans les deux derniers cas : Aristé × Acuminé et Bréviaristé × Aristé, la dominance est normale à la F^1 et la F^2 ne présente rien de particulier.

Pour l'ensemble des hybridations rapportées ci-dessus, on peut faire les remarques générales suivantes :

1° Tant qu'on n'introduit pas de Blé bréviaristé ou aristé dans les croisements, il n'en apparaît pas en F^2;

2° Quand on introduit un Blé bréviaristé ou aristé dans les croisements, on trouve cette forme à la F^2 (sauf deux exceptions : cas 45 et 60). La présence de barbes constitue donc un caractère positif qui se transmet et n'apparaît pas par cryptomérie;

3° Les mutiques apparaissant assez fréquemment dans le croisement de parents tous pourvus d'un prolongement des glumelles, il semble que ce caractère négatif résulte d'une perte, de l'atrophie d'un appendice. Bien que dominant par rapport à la présence des barbes, il doit être d'acquisition plus récente; les Blés sauvages et les variétés anciennement cultivées sont barbus;

4° Si l'on range dans la même catégorie Mutique et Acuminé (comme on le fait souvent) sous le nom de sans barbe, on constate que l'absence de barbes domine toujours la présence;

5° Il ne paraît pas possible d'établir une règle dans la ségrégation à la F^2; un certain nombre de cas donnent approximativement 1 barbu pour 3 non barbus, mais il y a au moins autant d'exceptions.

Le prolongement de la pointe de la glumelle (stable dans la lignée, la race) présente une série ininterrompue de valeurs, depuis la pointe courte et mousse jusqu'à la longue barbe, lorsque l'on met en comparaison de nombreuses variétés; il est bien naturel que les croisements entre ces variétés différentes donnent des résultats différents.

Pubescence des glumes. — La présence de poils à la surface externe des glumes est un caractère qui paraît être, au premier abord, vraiment qualitatif, s'opposant à l'absence des poils. En pratique, on constate qu'il existe beaucoup de degrés dans la pubescence : les glumes de certaines variétés sont couvertes de poils abondants, longs et soyeux; d'autres ont des poils courts, mais abondants, d'autres ne présentent que quelques poils à la base des glumes, ou au sommet, ou seulement sur les arêtes des glumes; dans certains cas, surtout chez les hétérozygotes, on hésite dans le classement, tellement la pubescence est réduite (fait déjà signalé par Kajanus, 1911-1913,1918-1923[a]). Nilsson-Ehle (1920) a fait connaître des formes *subglabrum* caractérisées par des poils fins et courts localisés à la partie supé-

ditions parfaites de maturation et de luminosité. Dans nos régions, la maturation est parfois brusquée par la dessiccation des plantes à la suite de la sécheresse ou de vents chauds et la teinte se trouve alors affaiblie, au point même de disparaître sur les barbes.

La constatation de la couleur est encore plus imprécise que celle de la pubescence, même dans les meilleures conditions. Elle présente souvent, dans une population F^2, une série continue, et il est difficile d'établir une coupure nette entre les épis colorés et non colorés. Kiessling (1914) déclare qu'il n'existe pas d'épis vraiment blancs et il suppose l'existence d'un facteur global produisant le maximum de coloration, qui se décomposerait en facteurs partiels subissant séparément la ségrégation. Nous nous proposons de reprendre l'étude de la coloration des épis (et celle des grains) au moyen du spectrographe, afin d'éliminer les erreurs provenant de l'appréciation individuelle et de déterminer, si possible, l'unité ou la diversité des matières colorantes présentes.

Biffen (1916) dit que, dans le croisement entre *Turgidum* × *Vulgare*, la couleur grise est associée à la pubescence. Nous avons utilisé dans nos croisements un *vulgare* à épi gris foncé, pubescent, trouvé au cours d'herborisations dans les cultures du Centre de la Tunisie. Croisé avec le Florence, blanc et glabre, il a donné une F^1 pubescente à glume et glumelle lavées de noir sur fond blanc et en F^2 157 gris noir pubescents; 51 blancs glabres, 49 barbus; 159 mutiques, soit des proportions régulières de 1 : 3 et une liaison complète entre les caractères gris noir et pubescence d'une part, blanc et glabre de l'autre, conformément aux résultats de Biffen.

Nilsson-Ehle (1909), en analysant divers croisements entre *vulgare* à épis bruns et à épis jaunes, trouva en F^2 tantôt une disjonction de 3:1, tantôt une disjonction de 15:1, tantôt une série continue, et il conclut, dans certains cas, à l'existence de deux facteurs donnant l'un le brun foncé, l'autre le brun clair. Kajanus trouva également 3 rouges : 1 jaune. Les résultats de nos croisements de *vulgare* au point de vue couleur des épis sont exposés ci-dessous (v. tableau 6).

Les croisements blanc × blanc nous ont donné 34 cas réguliers sur 36, c'est-à-dire tous les hybrides F^1 et F^2 blancs et deux irrégularités : cas 7 et 18, dans lesquels les F^1 étaient blanc lavé de roux ou roux foncé. On pourrait penser qu'il s'est produit, dans le cas 18, une fécondation fortuite par un pollen d'épi roux, mais comme la F^1 se composait de 17 pieds semblables, dont un seul a donné la F^2, et que la F^2 renferme très peu de roux, cette hypothèse n'est pas très satisfaisante; il est encore plus difficile de l'admettre dans le cas 7 par suite du peu de coloration de la F^1 et surtout du petit nombre de roux apparus en F^2, ce qui constituerait une autre anomalie; la F^1 se com-

Tableau 6. — Hérédité de la couleur des épis

N° d'ordre	PARENTS	F1 caractères	F2 nombre de pieds	
			blancs	plus ou moins roux
	Blanc × Blanc			
	34 hybridations régulières	blanc	tous	
7	Cuboni × Florence	blanc + roux	369	22
18	Irakié × Cuboni	roux foncé	94 + (1)	290
	Blanc × Roux			
8	Irakié × Riccio	roux clair	67	155
9	Irakié × Ardito	—	22	243
11	Irakié × Indian Pearl	—	51	154
13	Gores Indian × Ardito	roux foncé	0	148
22	Florence × Riccio	roux	50	180
24	Richelle × Ardito	—	14	64
24bis	Richelle × Ardito	—	8	23
25	Richelle × Riccio	—	57	66
27	Baroota × Ardito	—	30	68
32	Mahon × Riccio	roux clair	44	127
39	Irakié × Villa Glori	—	104	254
41	Irakié × Potenziani	roux	139	373
47	Florence × Villa Glori	roux clair	85	334
49	Florence × Potenziani	roux	123	310
52	Richelle × Villa Glori	—	81	200
53	Richelle × Potenziani	—	65	441
90	Baroota × Compactum	roux clair	63	138
	Roux × Blanc			
37	Medeheba × Italo Giglioli	roux clair	92	236
75	Pusa 348 × Akagomughi	roux	33	87
76	Pusa 355 × Akagomughi	—	34	108
78	Bena 800 × Akagomughi	—	38	87
84	Pusa 348 × Chinko	—	18	97
85	Pusa 355 × Chinko	—	34	7
87	Hard Fédération × Chinko	—	22	72
	Roux × Roux			
38	Medeheba × Villa Glori	roux clair	0	328

(1) Dénombrement incomplet.

posait d'ailleurs de 8 pieds identiques, dont un seul fut semé pour obtenir la F^2.

Il semblerait donc qu'exceptionnellement des épis roux puissent naître d'hybridation entre formes à épis blancs (ou paraissant blancs). Il est à remarquer que les trois Blés Cuboni, Florence et Irakié employés dans ces croisements 7 et 18 ont été utilisés dans de plusieurs autres combinaisons faisant partie des 34 hybridations régulières n'ayant présenté aucune anomalie.

Dans les croisements blanc × roux et roux × blanc, les F^1 sont tantôt roux foncé, tantôt roux clair, avec tous les intermédiaires.

En F^2, la ségrégation se fait approximativement d'après le type 1:3 dans à peu près la moitié des cas, mais elle en diffère sensiblement dans les autres; tantôt la proportion de blancs est trop élevée (57 : 66), tantôt elle est trop faible (22 : 243, 65 : 411); les blancs font même défaut dans le cas 13. Dans ce dernier croisement, il ne peut y avoir de doute sur l'identité de la mère (Gores Indian blanc), car la plupart des F^2 présentaient un caractère très particulier à cette dernière : la petite touffe de poils à la base de la dent de la glume et de la glumelle, du côté interne, est très fournie.

Dans les croisements blanc × blanc ci-dessus, nous avons vu deux cas d'apparition du type roux; blanc × roux montre un cas de disparition du blanc; ces deux anomalies ont probablement des causes similaires inconnues.

Il semble donc que, si la ségrégation paraît se faire pour la couleur des épis dans la proportion de 1 : 3 chez un certain nombre de croisements, elle ne saurait, dans la généralité des cas, être aussi simple et résulter d'un seul couple de caractères allélomorphes. La gradation de teintes, que l'on observe presque toujours, forme souvent une série continue, qui rend difficile, sinon impossible, la représentation factorielle du caractère coloration des épis.

Solidité de la fixation des glumes et glumelles. — Ce caractère a une grande importance pratique dans les pays méridionaux.

Les glumes et glumelles de certaines variétés se détachent avec la plus grande facilité, provoquant l'égrenage des épis sous le moindre choc, et même spontanément. Nous avons remarqué que ce défaut est encore aggravé du fait qu'il s'accompagne d'une tendance marquée à l'échaudage.

D'autres variétés ont les glumes très solidement fixées sur le rachis, enfermant étroitement le grain et le préservant de toute chute. Cette solidité de fixation des glumes et glumelles, qui rappelle un peu le type *spelta*, s'accompagne parfois d'une certaine fragilité du rachis. La Richelle 110 est dans ce cas; son battage en est rendu difficile,

parce qu'il produit beaucoup de grains vêtus; le réglage du contre-batteur est très délicat, le serrage arrive à casser des grains sans faire disparaître complètement les grains vêtus.

Enfin, certains hybrides, tout en prenant l'aspect speltoïde plus ou moins marqué, acquièrent à la fois une telle solidité du rachis, des glumes et des glumelles, que leur battage devient impossible. Il faut procéder à une véritable décortication du grain, comme dans les espèces d'*Aegilops* à rachis solide.

Nous avons observé ces cas de grande solidité des glumes, des glumelles et du rachis dans les hybridations suivantes :

9 *Irakié* × *Ardito*, qui a donné également des speltoïdes.

13 *Gores Indian* × *Ardito*, qui a donné également des speltoïdes.

11 *Irakié* × *Indian Pearl*, qui n'a pas donné de speltoïdes.

24 *Richelle* × *Ardito*, qui n'a pas donné de speltoïdes.

La Richelle a pu transmettre ce caractère, qu'elle possède, aux produits du croisement 24. Pour 9 et 13, ce sont probablement les mères qui ont fourni ce caractère, bien qu'elles le possèdent à un degré moins marqué que la Richelle, car l'Ardito a des glumes très fragiles qui le rendent sujet à l'égrenage et à l'échaudage au point d'en interdire la culture dans notre région. Dans le croisement 11, les deux parents ont pu intervenir.

Il est à remarquer que Irakié, Gores Indian, Indian Pearl et peut-être Richelle, triée comme impureté dans un Blé australien, sont originaires des Indes ou régions voisines. Vavilov (1922[a]) a constitué dans *Triticum vulgare* un groupe *rigidum* qui présente ce caractère de solidité des glumes et qui est surtout répandu dans le S.-W. de l'Asie, Turkestan, Perse, Boukhara; mais ce groupe est à barbes courtes, tandis que les Blés ci-dessus sont mutiques.

D'après Kajanus (1927), la chute facile des grains de beaucoup de *vulgare* serait conditionnée par l'absence d'un facteur qui assure l'aspect de *Spelta* et qui serait dominant. A. et G. Howard (1912) ont fait connaître des Blés vêtus qui sont récessifs par rapport aux Blés nus; ils auraient obtenu, dans le croisement *compactum* × *vulgare*, en F^2, 15 pieds à grains tombant facilement pour 1 à grains fixés dans les glumes persistantes. Nos croisements ont donné plusieurs fois des formes rappelant le *Spelta*, uniquement par ce caractère, dès la F^1, ce qui fait présumer qu'il aurait été dominant. Nous n'avons pas vérifié cette dominance par des croisements de ces formes à égrenage difficile avec d'autres à égrenage facile.

Coloration du grain. — La coloration rousse des téguments du grain de Blé s'oppose à l'absence de couleur, qui donne au grain une

teinte blanche, jaunâtre ou ambrée suivant que l'endosperme est à texture farineuse ou plus ou moins vitreuse.

Il est tout aussi difficile d'apprécier la coloration des grains que celle des glumes; elle constitue une série continue, en passant de la teinte à peine rosée au roux clair, au roux plus ou moins foncé et au violet plus ou moins foncé, cette dernière teinte étant particulière à quelques variétés de l'Abyssinie et de l'Erythrée. Il serait nécessaire de reprendre l'étude de l'hérédité de la coloration des grains en employant des méthodes physiques de mesure et en déterminant la nature des substances colorantes. L'œil est manifestement impuissant à nous donner des notions exactes à ce sujet, ainsi que nous le montrerons par l'examen des résultats de nos hybridations.

Les nombreux auteurs qui ont étudié la génétique de ce caractère des Blés ont établi qu'il y a, suivant les cas, 1, 2 ou 3 facteurs (mono, di ou trimérie). En nous limitant aux *vulgare*, les cas suivants ont été signalés : pour *vulgare*, Biffen (1905) monomérie, Nilsson-Ehle (1909, 1911[a] et [b]) mono-di-et-trimérie, Kajanus (1918[a], 1923[b]) mono-di-et-trimérie, Love et Craig (1919) dimérie, Clark (1924) dimérie, Hayes et Roberston (1924) mono-et-dimérie, A. et G. Howard (1912) mono-et-dimérie, Gaines (1917) trimérie.

La différence de nuance que l'on observe dans les différents hétérozygotes d'une même hybridation s'expliquerait par la présence d'un, de deux ou trois facteurs à effets cumulatifs. On ne sait pas toutefois dans quelle mesure ces facteurs cumulent leurs effets. Nilsson-Ehle lui-même, qui avança cette théorie, signale le fait que des races de Blé donnant le rapport de 3 : 1 (1 facteur) pouvaient être d'une couleur aussi foncée que d'autres races donnant le rapport 15 : 1 (2 facteurs).

Cette hypothèse des facteurs cumulatifs est d'autant plus attrayante qu'en l'appliquant au *Tr. vulgare* on a pu en déduire que cette espèce hexaploïde possédait trois séries semblables de sept chromosomes et que plusieurs de ses caractères pouvaient dépendre de trois facteurs. « C'est là une conclusion logique, dit Watkins (1930), elle pourrait expliquer pourquoi tant de caractères présentent une série presque continue de variations et pourquoi l'hérédité d'un nombre si limité de caractères du Blé a reçu une base factorielle. » Mais cet auteur ne veut pas suivre Nilsson-Ehle lorsque ce dernier suppose que les facteurs cumulatifs pourraient servir à expliquer l'hérédité des *caractères quantitatifs* qui semblent donner une série de variations dans la F^2. « Il n'est pas justifié, à mon avis, dit-il, d'accepter la théorie des facteurs cumulatifs de l'hérédité des dimensions en se basant sur les faits que l'on possède actuellement », et il rappelle que « Lindstrom (1926-1928) a produit des preuves solides contrôlant la grandeur ».

Les résultats de nos hybridations concernant la coloration du grain chez les hybrides de *Tr. vulgare* sont résumés dans le tableau 7 (v. ci-après).

Les croisements grain blanc × grain blanc ne nous ont donné que des résultats réguliers : F^1 et F^2 à grains blancs.

Les résultats des hybridations grains blancs par grains roux et grains roux par grains blancs sont présentés en trois alinéas distincts pour faire ressortir les différences essentielles.

Dans le premier sont réunis 7 cas dans lesquels la F^1 a des grains roux et la F^2 se disjoint approximativement en trois roux pour un blanc (hypothèse d'un seul facteur).

Le deuxième comprend trois cas dans lesquels la proportion de grains blancs dépasse le tiers. Le cas 39 présente 93 blancs pour 149 roux. Il faudrait pour l'expliquer admettre qu'il a été perdu deux fois plus de pieds à grains roux que de pieds à grains blancs, ce qui est bien invraisemblable, quel que soit l'ordre de grandeur des mortalités de pieds, d'ailleurs faibles sous notre climat sans hiver.

Les cas 43 et 55, qui fournissent une F^1 à grain blanc, sont probablement des cas d'hybridation entre deux variétés à grain blanc, le Blé Fausto-Sestini, malgré la couleur rosée de ses grains, doit être considéré comme ayant des grains blancs, ce qui explique aussi les 20 pieds classés à tort dans les roux, dans la F^2 du cas 43.

Si nous avons placé ces deux cas à cette place, c'est pour faire remarquer que l'appréciation de la couleur par l'œil induit en erreur; un autre Blé à grain rosé, le Stamura, s'est comporté comme un Blé à grain roux; il a donné, avec Florence et Mahon à grain blanc, une F^1 à grain roux et une disjonction normale 3 : 1 (cas 50 et 64), et avec Irakié, également blanc, une F^1 à grain roux très clair et une disjonction irrégulière 65 : 269 qui se rapproche de 3 : 1, si l'on veut s'en tenir à la théorie factorielle (cas 42).

Dans le troisième paragraphe se trouvent, outre ce cas 42, de nombreux exemples de disjonction qui s'éloignent beaucoup de la proportion 3 : 1.

Trois d'entre eux (37, 48 et 54), correspondant à l'hybridation de trois variétés différentes à grain blanc par Italo-Giglioli à grain roux, donnent une proportion de 1 : 4 à 1 : 5.

Tous les autres cas montrent une proportion très faible ou l'absence complète de grain blanc en F^2, bien que la F^1 ait toujours un grain roux. Les Blés à grains blancs qui entrent dans ces hybridations sont indubitablement à grains blancs; ils se retrouvent dans les deux premiers alinéas et s'y comportent normalement. Il convient donc d'imputer la ségrégation anormale aux autres parents.

TABLEAU 7. — **Hérédité de la couleur du grain**

N° D'ORDRE	PARENTS	F1 couleur du grain	F2 nombre de pieds	
			grain blanc	grain roux
	Blanc × *Blanc*			
	Hybridations régulières (aucune irrégularité).....	blanc	tous	
	Blanc × *Roux ou Roux* × *Blanc*			
38	Medeheba × Villa Glori.....	roux	83	235
40	Irakié × Italo-Giglioli.....	—	98	324
47	Florence × Villa Glori.....	—	90	329
50	Florence × Stamura (gr. rosé)....	—	33	113
64	Mahon × Stamura (gr. rosé).....	—	23	79
68	Italo-Giglioli × Irakié.....	—	81	271
78	Bena × Akagomughi.....	—	33	92
39	Irakié × Villa Glori.....	roux	93	149
43	Irakié × Fausto Sestini (gr. rosé).	blanc	497	20
55	Richelle × Fausto Sestini (gr. rosé)	—	455	0
37	Medeheba × Italo-Giglioli.....	roux	63	265
41	Irakié × Potenziani.....	—	5	507
42	Irakié × Stamura (gr. rosé).....	roux très cl.	65	269
44	Irakié × Akagomughi.....	roux	13	544
45	Irakié × Chinko.....	—	4	435
48	Florence × Italo-Giglioli.....	—	80	317
49	Florence × Potenziani.....	—	4	429
51	Florence × Chinko.....	—	1	453
52	Richelle × Villa Glori.....	—	11	270
53	Richelle × Potenziani.....	—	5	471
54	Richelle × Italo-Giglioli.....	—	47	226
58	Richelle × Cuboni.....	—	8	362
59	Richelle × Chinko.....	—	0	260
60	Richelle × Akagomughi.....	—	0	378
62	Akagomughi × Mahon.....	—	0	78
65	Akagomughi × Baroota.....	—	0	345
72	(Pusa × Flor. 380) × Akagomughi.	—	0	218
73	(Pusa × Flor. 381) × Akagomughi.	—	0	223
74	(Pusa × Flor. 387) × Akagomughi.	—	0	125
79	Florence × Akagomughi.....	—	0	100
81	(Pusa × Florence 380) × Chinko..	—	0	77
82	(Pusa × Florence 381) × Chinko..	—	0	194
83	(Pusa × Florence 387) × Chinko..	—	0	132
87	Hard Fédération × Chinko.....	—	0	94
88	Baroota × Chinko.....	—	0	282
89	Baroota × Gumpri.....	—	2	72
90	Baroota × Compactum 1.....	—	0	201
	Roux × *Roux*			
75	Pusa 348 (gr. rosé) × Akagomughi.	—	3	117
76	Pusa 355 (gr. rosé) × Akagomughi.	—	2	140
77	Florence Aur. 589 × Akagomughi.	—	0	92
84	Pusa 348 (gr. rosé) × Chinko.....	—	1	114
85	Pusa 355 (gr. rosé) × Chinko.....	—	2	39
86	Florence Aurore 589 × Chinko....	—	0	99

Ces derniers comprennent :

Deux hybrides de STRAMPELLI : Villa Glori et Cuboni;

Un *compactum* de la collection de VILMORIN;

Quatre Blés d'Extrême-Orient : Akagomughi, Chinko, Gumpri et Potenziani (sélection de STRAMPELLI, dans un Blé japonais).

Villa Glori donne une disjonction régulière dans les cas 38 et 47. Il en est de même d'Akagomughi dans le cas 78.

On ne peut donc parler de monohybridisme, les autres caractères de ces Blés (par exemple la pilosité) donnant d'ailleurs une disjonction.

Il est nécessaire d'envisager le passage de facteurs de coloration dans tous les gamètes, ou tout au moins dans tous ceux de l'un des deux sexes, dans l'hybride F^2. Les F^2 semblent être tous homozygotes sous le rapport de la coloration du grain. Il conviendra de reprendre ces hybridations et de suivre les descendances en F^3 et F^4 pour vérifier s'il ne se produit aucune ségrégation ultérieure.

Dans les croisements grains roux × grains roux, les cas 77 et 86 sont réguliers et se rapportent à deux Blés à grains vraiment roux. Les cas 75, 76, 84, 85 montrent quelques grains blancs en F^2, ce qui nous permet de supposer que les deux Pusa 348 et 355, à grains rosés, doivent être classés parmi les Blés à grains blancs. Ils donnent alors lieu à la même observation que ceux du paragraphe précédent.

Il est bien difficile de conclure des résultats rapportés ci-dessus à l'existence certaine d'une hérédité factorielle simple de la coloration du grain. Cette étude doit être reprise avec les moyens d'appréciation de la couleur (spectrographe), quant à sa nature et à sa quantité.

VITROSITÉ DU GRAIN. — Bien que les variétés du *Tr. vulgare* soient désignées sous le nom de Blés tendres, il en existe un assez grand nombre dont le grain devient vitreux, au moins sur une certaine épaisseur à partir de la surface. Ces variétés à grain dur (hard dans la nomenclature des standards américains) sont généralement plus riches en gluten, et c'est parmi elles que se trouvent les variétés à haute valeur boulangère et les Blés de force.

La vitrosité ne se manifeste à son degré le plus élevé que lorsque la maturation du grain se fait dans certaines conditions de rapidité et requiert une faible humidité du sol et de l'air. Ce caractère est donc une véritable propriété d'acquérir une structure spéciale; il dépend étroitement du milieu; les variétés se distinguent, à cet égard, par une plus ou moins grande aptitude à prendre des grains vitreux, et l'on peut établir une série continue : Richelle, qui reste complètement farineuse dans le Nord de la Tunisie, mais devient demi-vitreuse

dans le Sud; Baroota et Mahon dont la surface devient glacée dans le Nord, Irakié et Florence et nombreux hybrides de ces Blés dont le grain est normalement vitreux dans le Nord, mais présente des taches farineuses (mitadinage) lorsque la maturation se produit lentement par temps insuffisamment sec ou sur sol trop humide.

L'influence si marquée du milieu physique sur la manifestation de la vitrosité rend difficile l'étude de l'hérédité de ce caractère. Il résulte probablement d'ailleurs de la nature et des proportions des constituants du gluten, encore imparfaitement connus.

Saunders (1909-1911) pense que la qualité des grains dépend de plusieurs facteurs mendéliens et Biffen (1908-1909) indique une disjonction compliquée pour la teneur en azote. A. et G. Howard (1912) ont obtenu, entre *Vulgare*, une F^1 à vitrosité intermédiaire et en F^2 la disjonction 1 : 2 : 1, mais sans que la teneur en azote soit liée à la structure du grain.

Nous avons effectué de nombreux croisements entre variétés de *vulgare* à grain farineux et à grain vitreux, l'un des principaux buts de nos travaux d'amélioration des Blés de Tunisie étant la production de Blés à haute valeur boulangère et de Blés de force. Nous dirons quelques mots de cette question plus loin, au paragraphe des caractères physiologiques. Il suffira de mentionner ici que nous avons toujours obtenu des F^1 à texture intermédiaire et qu'il ne nous a pas paru possible d'envisager une statistique de la ségrégation en F^2, en raison de l'action du milieu et des difficultés, pour nous insurmontables, d'apprécier les degrés de la vitrosité, qui paraissent former une série, sinon continue, tout au moins complexe.

Caractères de la tige. — Les caractères morphologiques de la tige du Blé dont il peut être question d'étudier le comportement génétique sont la hauteur, le diamètre, la structure (pleine ou creuse), la rigidité, la couleur.

Tous ces caractères sont dans une étroite dépendance avec le milieu extérieur, ce qui rend très difficile l'étude statistique de la F^2. L'hétérosie en F^1 et chez les hétérozygotes F^2 est également une cause de développement des organes, et tous les caractères qui se mesurent et ne se comptent pas forment des séries de valeurs pour l'étude desquelles il faudrait avoir recours aux méthodes biométriques. Il n'est pas moins vrai qu'il y a des variétés de Blé à paille haute (Baroota, Mahon, Richelle), d'autres à paille moyenne (Irakié, Florence), d'autres à paille courte (Ardito, Riccio, Cuboni, Akagomughi, Chinko), et que ces différences persistent dans tous les milieux. De même, certaines tiges sont toujours plus grosses que d'autres (Ardito, Riccio, Cuboni sont à paille de gros diamètre en même temps que très rigides). Le développement plus ou moins complet de la moelle détermine

des tiges creuses ou partiellement pleines, au moins dans l'entre-nœud supérieur, et ce caractère persiste, bien que variable, d'une plante à l'autre et d'une année à l'autre. La couleur est visible entre l'épiaison et la maturité : la paille est blanche, jaune ou violette et ce caractère, bien que fluctuant et passager, est suffisamment marqué pour pouvoir être étudié.

Au point de vue de la longueur des tiges, Freeman (1917) trouva, dans des croisements entre *vulgare*, une grande variation avec transgression. Neethling (1918) obtint, dans des croisements de *vulgare* à paille normale, des individus nains dans la proportion de 1 pour 3 normaux. Ph. de Vilmorin (1913) avait déjà signalé la production, dans la proportion de 2 ou 3 courts pour un grand, de Blés nains dans un croisement de *compactum*. Waldron (1924) constata aussi l'apparition de plantes naines dans la proportion de 1 pour 5 normales à la F^2, rapport variant d'ailleurs dans les générations suivantes.

Ces plantes naines, qui souvent ne dépassent pas le stade de gazon, qui n'épient pas ou mal, ont été souvent observées par nous dans des croisements de variétés de *vulgare*; elles ressemblent beaucoup à celles que l'on trouve dans les hybridations interspécifiques et dont nous dirons quelques mots plus loin.

Nous ne saurions préciser si la paille haute a dominé en F^1 dans nos hybridations. Ces F^1 sont toujours tellement vigoureux qu'ils dépassent généralement le parent le plus haut. Les caractères qui semblent être nettement dominants sont le gros diamètre et la rigidité des chaumes. Ils s'atténuent d'ailleurs à partir de la F^2, surtout chez les homozygotes, et l'espoir que l'on avait de les conserver, en raison de leur intérêt pour la création de variétés résistantes à la verse, s'évanouit souvent avec l'épuration des lignées.

La brièveté et la rigidité de la paille se transmettent toutefois facilement, mais s'accompagnent souvent d'une densité exagérée des épis et de leur forme spatulée, deux caractères peu intéressants, parce qu'ils correspondent presque toujours à une grande sensibilité à l'échaudage et à la formation de beaucoup de très petits grains.

Dans les hybridations entre variétés nettement grandes et nettement courtes, nous avons essayé plusieurs fois de faire la statistique des longueurs de paille en F^2. Elle nous a toujours donné un véritable polygone de fréquence souvent irrégulier, les valeurs moyennes étant toutefois les plus nombreuses, et il faudrait faire dans cette série des coupures absolument arbitraires pour établir une proportionnalité entre les types rappelant plus ou moins les parents.

Pour ce qui concerne l'épaisseur des chaumes, Tschermak (1923) considère F^1 comme intermédiaire et une disjonction de F^2 en série qui pourrait s'expliquer par la présence de plusieurs facteurs.

Nous n'avons pas fait d'observations sur la transmission de la couleur des chaumes. Le Blé Mahon possède à la fois des tiges jaunes et des tiges violettes et il nous a été impossible de les séparer par sélection. Nous avons toutefois isolé autrefois dans ce Blé une forme un peu différente, à épi spatulé bien que lâche, et à paille complètement violette.

La transmission héréditaire de l'état paille pleine ou paille creuse a été surtout étudiée dans les hybridations interspécifiques entre le groupe à 28 et le groupe à 42 chromosomes. Il existe aussi des *vulgare* à paille à peu près pleine dans le premier entre-nœud sous l'épi. La Richelle que nous cultivons est dans ce cas et ce caractère se transmet au cours des croisements.

La paille presque pleine domine en F^1 dans certains croisements utilisant la Richelle; elle se retrouve, en F^2, chez un nombre variable de pieds.

Le croisement 53 (Richelle × Pontenziani) a donné en F^2 : 207 p. creuse : 53 p. pleine.

Le croisement 56 (Richelle × Irakié) a donné en F^2 : 205 p. creuse : 8 p. pleine.

Caractères physiologiques. — Les caractères physiologiques tels que la durée de végétation, l'aptitude à être employés comme Blés d'hiver ou Blés de printemps, la résistance au froid ou à la chaleur, la résistance à la verse, la réceptivité pour des parasites cryptogamiques (rouilles, carie, oïdium, piétins), les qualités de la farine en vue de la panification sont la résultante de l'interaction de l'organisme entier et du milieu, tant inerte qu'animé. Ces diverses manières d'être d'une variété de Blé lui sont cependant propres et c'est sur leur conservation par transmission héréditaire que repose toute la sélection, tant des formes naturelles que des hybrides, au point de vue économique. Il est donc de première importance de s'occuper du comportement de ces diverses propriétés des variétés lors de leur croisement et il serait fort utile d'en établir les formules factorielles permettant un travail méthodique.

Beaucoup d'expérimentateurs s'y sont efforcés et ont obtenu des résultats, tantôt concordants, tantôt contradictoires, ce qui s'explique par le grand nombre des facteurs qu'il faut invoquer et par l'influence, difficile à éliminer, des conditions extérieures.

Nilsson-Ehle, dans des croisements de Blé de printemps et d'hiver, obtint la dominance du type Blé de printemps et le rapport 3 : 1 et aussi 1 Blé d'hiver pour 15 de printemps dans des croisements entre Blés uniquement de printemps. Meunissier (1918), dans les expériences faites à Verrières, Tschermak (1923) et divers autres expérimen-

tateurs ont signalé la dominance du type hâtif et une ségrégation, tantôt de 3 : 1, tantôt très compliquée.

Nous avons croisé les Blés tendres primitivement acclimatés en Tunisie, Mahon et Baroota, tous deux assez tardifs, et Richelle demi-hâtive, avec des Blés très précoces, Florence, Irakié, Ardito, Pusa, etc., afin d'obtenir des formes unissant la précocité aux qualités agricoles et industrielles. Les résultats sont variables.

Voici, à titre d'exemples, les statistiques des lignées F^3 au point de vue dates d'épiaison de deux croisements entre Blés tendres qui présentent un écart d'environ 25 à 30 jours entre leurs époques d'épiaison.

Irakié 20-25 mars × Mahon 20-25 avril :

10-15 avril	5	lignées
16-20 avril	78	—
21-25 avril	38	—

Irakié 20-25 mars × Fausto Sestini 15-20 avril :

20-25 mars	2	lignées
26-30 mars	38	—
21 mars-5 avril	72	—
6 avril-10 avril	206	—
11 avril-15 avril	86	—

Tandis que, dans le premier cas, les époques d'épiaison sont groupées dans une courte période finissant à l'époque d'épiaison du Blé tardif, le deuxième cas montre une plus grande diversité, les dates occupant toute la période intermédiaire entre les dates respectives des parents.

Il semble que la disjonction, plus ou moins étendue, donne une série continue s'exprimant par une courbe de fréquence. La précocité ne domine pas.

La *réceptivité pour les rouilles* (Puccinia) a été étudiée par de nombreux expérimentateurs. La présence de trois *Puccinia* sur les Blés (*glumarum*, *triticina* et *graminis*), le fait que cette dernière espèce présenterait, d'après les travaux de Stakman, beaucoup de formes différentes, avec des affinités spéciales pour les divers Blés, l'influence considérable des conditions de milieu sur le développement des rouilles, compliquent à l'excès le problème de la transmission héréditaire de la réceptivité pour les rouilles et expliquent les divergences entre les résultats des auteurs. Nous verrons plus loin la liaison entre cette réceptivité et le type spécifique; ne nous occupons ici que des variétés de *vulgare*.

Nilsson-Ehle (1911) trouva des disjonctions très compliquées ainsi que des formes transgressives, ce qui lui fait admettre l'existence de plusieurs facteurs conditionnant la réceptivité à *Puccinia glumarum*.

Cette rouille atteint beaucoup, en Tunisie, la plupart des Blés tendres très précoces et peu les variétés tardives. L'intensité des invasions varie considérablement d'une année à l'autre et il nous arriva de voir des variétés introduites ou des hybrides en sélection ayant montré une bonne résistance pendant plusieurs années, complètement envahis et même détruits par une invasion sévère à l'époque de l'épiaison. Ces différences empêchent, sous notre climat, l'étude génétique de la rouille, tout en nous permettant de constater les différences considérables de réceptivité que présentent les variétés.

La Richelle est parmi les plus résistantes, bien que demi-hâtive, et plusieurs de ses hybrides avec Florence, très réceptif, ont une résistance intermédiaire. Les F^1 sont souvent plus atteints que les parents, ce que nous attribuons à leur exubérance de végétation (hétérosis).

Puccinia triticina se développe peu sous notre climat et n'a pas fait l'objet d'observation spéciale.

Puccinia graminis attaque les variétés tardives (Mahon et Baroota) et seulement lorsqu'il survient de légères pluies pendant la maturation.

Pour cette rouille, Evans (1911) a constaté sur *vulgare* la dominance de la réceptivité. C'est ce que nous avons obtenu également dans tous les croisements avec nos Blés réceptifs (Mahon et Baroota), et nous devons ajouter que la plupart des F^2 et même des descendants des générations ultérieures se montrent plus sujets à la rouille noire que le parent réceptif. Cette particularité a rendu impossible l'amélioration du Mahon et du Baroota par croisement.

Qualités industrielles du Blé. — Nous poursuivons depuis deux ans, au Service Botanique, l'étude des propriétés mécaniques des pâtes, au moyen de l'extensimètre Chopin (Bœuf, Matweeff et Séguéla, 1931). Cette méthode fait ressortir des différences considérables entre les diverses lignées pures issues d'une même hybridation, ce qui semble indiquer un assez grand nombre de combinaisons possibles entre les facteurs qui conditionnent les qualités de la farine. Cette étude doit se poursuivre pendant plusieurs années encore avant qu'il soit possible d'en tirer des conclusions concernant la génétique des qualités industrielles des Blés.

Anomalies. — Il se produit de temps à autre, dans les croisements de *vulgare*, des individus présentant quelques anomalies qui persistent plus ou moins chez les descendants.

Une anomalie des plus fréquentes est la formation d'*épillets sup-*

plémentaires. Quelques variétés de Blés tendres, parfaitement stables en lignées pures, présentent cette particularité. Notre Richelle 110 montre fréquemment, sous les épillets normaux, des rudiments d'un épillet supplémentaire recourbé vers le bas. Dans des conditions très favorables de fertilité du sol, ces épillets se développent et sont partiellement fertiles.

L'hybridation semble favoriser cette tendance. La plupart des hybrides faits entre la Richelle et des Blés à forte densité présentent un certain nombre d'épis vraiment difformes par suite du doublement de presque tous les épillets et même du triplement de quelques étages. Il est possible d'isoler des lignées homozygotes à épillets supplémentaires; ce caractère reste d'ailleurs fluctuant dans la lignée et subit l'influence de la fertilité du sol. Ces Blés à épis anormaux n'ont pas montré jusqu'à présent une valeur culturale suffisante pour passer dans la culture.

L'apparition *de formes speltoïdes* est très fréquente parmi les F^2 dans les croisements de *vulgare;* les épis sont généralement à faible densité, étroits par suite du peu de fertilité des épillets, barbus, demi-barbus ou acuminés. Les glumes ne sont pas toujours aussi allongées que dans le *spelta*, le rachis reste solide. On trouve souvent, dans les croisements qui donnent des speltoïdes, des épis plus denses, à égrenage difficile, à carène marquée jusqu'à la base des glumes, qui n'ont pas l'aspect caractéristique des speltoïdes, mais qui s'y rattachent très probablement.

L'hérédité des formes speltoïdes et leur origine ont été étudiées surtout par Nilsson-Ehle (1920-1921), Vestergaard (1921), Lindhard (1922-1923), Akerman (1920-1923), Kajanus (1918[a] et 1923[a]). Elles ont été signalées en Algérie par Ducellier (1923).

Il existe des speltoïdes hétérozygotes et homozygotes. Ces derniers seraient surtout les speltoïdes extrêmes se rapprochant du *vulgare* ou du *spelta*, les intermédiaires étant hétérozygotes. Nous avons isolé et commencé la multiplication d'un homozygote ressemblant beaucoup au *spelta*, bien qu'à densité plus forte et à très beau grain. La multiplication a dû être arrêtée par suite d'une mauvaise tenue de la paille. Les disjonctions des hétérozygotes se font suivant plusieurs modes décrits par Nilsson-Ehle, Lindhard et Kajanus. Nous n'avons pas suivi la descendance des speltoïdes provenant de nos croisements, la plupart ayant été éliminés comme ne présentant pas d'intérêt pratique. Ces formes ne seraient dues qu'indirectement au croisement, elles représenteraient des mutations par perte de facteurs ou par appariement anormal de chromosomes. Nous en avons dit l'essentiel au paragraphe relatif aux mutations chez les lignées pures.

Les *hybrides mosaïques*, tout au moins quant aux caractères appa-

rents, paraissent rares chez les Blés. Nous n'avons trouvé que deux épis ayant des grains roux et des grains blancs; tandis que, chez les Orges, nous avons récolté de nombreux cas de mosaïques de grains nus et de grains vêtus, de grains gris et de grains blancs.

b) Croisements de variétés de Triticum durum

Les Blés durs ne présentent pas, dans les caractères des épis, autant de diversité que les Blés tendres. Une F^2 de Blés durs ne donne pas l'aspect de variation désordonnée qu'on observe chez les Blés tendres. Nous nous contenterons, pour ne pas répéter ce que nous avons dit pour le *vulgare*, de donner les dominances et les ségrégations observées pour les principaux caractères des épis et des grains.

Pour les glumes, la coloration (rousse ou noire) domine le blanc, la pubescence domine l'état glabre.

La coloration des barbes, des glumelles (noire ou rousse) domine également le blanc.

La cirosité des épis domine l'état non cireux.

La faible densité est dominante par rapport à la forte densité.

La couleur rousse du grain domine la couleur ambrée (blanc).

Dans des hybridations entre *durum* barbus et *durum* acuminés provenant de la disjonction du Huguenot et non homozygotes, l'avortement presque complet des barbes a toujours été dominant, mais il n'a pas été possible de séparer des *durum* mutiques ou acuminés homozygotes se reproduisant sans disjonction.

Nous n'avons pas fait une étude statistique suffisante de la disjonction de ces caractères en F^2 pour en donner une discussion. Les quelques cas qui ont fait l'objet d'un dénombrement complet montrent les mêmes irrégularités que celles que nous avons signalées chez les croisements de *vulgare*.

L'une de ces hybridations a donné une *mutation : barbes lisses*, non munies de pointes sur leurs bords, sauf tout à fait à la base. Cette mutation se maintient dans la descendance depuis une dizaine d'années.

6. Hybrides interspécifiques dans le même groupe

L'hybridation interspécifique de Blés possédant le même nombre de chromosomes ne donne généralement lieu à aucune irrégularité dans l'appariement des chromosomes de chacune des deux espèces employées comme parents, ce qui prouve que tout chromosome d'une

espèce du groupe *Emmer* ou d'une espèce du groupe *vulgare* trouve un homologue dans chacune des espèces du même groupe.

On a cependant pu constater (THOMPSON, 1931) que, dans un certain nombre de cellules-mères du pollen des hybrides, une paire et rarement deux ne s'apparient pas et que le pourcentage de ces exceptions est beaucoup plus élevé chez les hybrides entre les espèces à 42 chromosomes que chez ceux des espèces à 28 chromosomes. Cette différence semble indiquer une parenté plus étroite entre les espèces de ce dernier groupe qu'entre celles du premier. Dans les hybrides *dicoccoïdes* × *durum*, deux bivalents sont généralement du type lâche (soudure bout à bout).

Des anomalies ont été plusieurs fois signalées (WATKINS, 1930) dans la ségrégation des caractères chez les hybrides d'espèces à 28 chromosomes :

a) *Polonicum* à glumes blanches × *turgidum* à glumes grises a donné, de F^1 à F^6, uniquement des plantes à glumes blanches (BIFFEN, 1916);

b) *Polonicum* × *durum* a donné une ségrégation régulière des glumes longues et des glumes courtes dans le rapport normal 1 : 2 : 1, mais les glumes longues l'étaient moins que celles de *Polonicum*, dont le type ne se retrouve pas; ce comportement particulier a été appelé « shift » (changement) (CAPORN, 1918; ENGLEDOW, 1920-1923);

c) *Persicum* × *durum;* les formes parentes n'ont pu être retrouvées (VAVILOV et JAKUSHKINA, 1925).

BARINGHEM (1917) a obtenu l'hybride *T. aegilopoides* Bal. × *T. monococcum* L. et son réciproque, tous deux identiques et fertiles.

Cet hybride possède le mode de végétation du *monococcum* : développement des touffes, montée simultanée des chaumes et régularité de végétation. Les caractères accessoires, suivant les lois de MENDEL dans leur transmission, appartiennent à *aegilopoides* : rangées longitudinales de longs cils sur les saillies de la face supérieure des feuilles entre les nervures secondaires; auricules et bords supérieurs des gaines couverts de poils forts, nombreux, persistants; anneaux très marqués de poils blanchâtres renversés garnissant les nœuds des chaumes; pilosité accusée des articles du rachis d'épis, des glumes, des glumelles; lignification précoce intense de ces organes qui donnent aux grains fermés dans les épillets l'aplatissement caractéristique d'*aegilopoides*; désarticulation très précoce du rachis, déjà réalisée par les épillets terminaux, alors que le sommet des chaumes est encore vert; développement régulier des barbes; pigmentation noire des glumes, glumelles et barbes.

L'épaisseur et la longueur des chaumes, la longueur du dernier

entre-nœud et la densité des épis, caractères liés à la végétation, sont intermédiaires (BLARINGHEM).

Cet auteur en conclut que l'espèce *Tr. aegilopoides* est la forme sauvage des Blés à 14 chromosomes et que *monococcum*, trouvé à l'état sauvage, est retourné à cet état après avoir été cultivé.

Il a été réalisé au *Service Botanique de Tunisie* quelques hybridations entre espèces du même groupe. Bien que le but poursuivi ait été en premier lieu la recherche de nouvelles variétés de valeur agricole, quelques observations faites au cours de ces hybridations, au point de vue de la disjonction des caractères chez les hybrides, méritent d'être rapportées :

a) TRITICUM VULGARE × TR. SPHOEROCOCCUM. — Il a été réalisé plusieurs hybridations de variétés très différentes comme forme et origine de *vulgare* par un *sphoerococcum* à épi très dense, mutique, blanc, grain blanc petit et rond. La fertilité est complète. La forme des glumes et du grain de *sphoerococcum*, sa paille fine et raide, dominent en F^1 dans tous les croisements. La coloration des glumes et du grain, si elles existent dans l'autre géniteur, dominent l'absence de coloration du *sphoerococcum*. Les autres caractères sont intermédiaires ou nouveaux.

A la F^2, on trouve une forte proportion des deux géniteurs; les deux formes d'épis se disjoignent, continuent à se séparer dans les générations suivantes, et on arrive rapidement à n'avoir plus guère que les deux types purs, les intermédiaires se montrant hétérozygotes. Les couleurs des glumes, les barbes et la couleur du grain peuvent être associées aux deux formes d'épis.

Il apparaît souvent des variations transgressives et des caractères qui n'appartiennent pas aux parents.

Dans l'hybridation *Irakié* × *sphoerococcum 2*, tous deux à grain blanc, à épi tout à fait mutique blanc (l'Irakié est toutefois un peu rosé), il est apparu, en F^2, des épis en forme de spatule, par augmentation de la densité au sommet, d'autres roux et aristés (arêtes courtes, non des barbes), des grains roux. La forte pubescence de l'Irakié a complètement disparu dans un des F^1 et dans la descendance ultérieure.

Dans l'hybridation *Florence 135* × *sphoerococcum 2*, un cas donne un type Florence barbu, tandis que le géniteur Florence n'a que de courtes arêtes et que *sphoerococcum 2* était mutique.

Avec *Mahon 124*, à paille haute et à épi barbu, on obtint une F^1 à paille haute, très sensible à la rouille noire, et une F^2 complètement envahie par cette rouille.

Avec *Medeheba 226*, à paille fine et souple, à épi lâche, roux, muti-

que, glabre et grain blanc, nous avons obtenu, en F^2, cinq pieds pubescents, deux à grains roux, de nombreux épis en spatule.

Avec *Italo-Giglioli*, à épi glabre, blanc, assez longuement aristé au sommet, à grain blanc, nous avons eu un F^1 à grains roux, deux pieds seulement à grain blanc pour 65 roux en F^2, deux pieds complètement barbus.

Dans aucune de ces hybridations avec *sphoerococcum* nous n'avons pu réunir sur un homozygote la forme d'épi et de grain d'un *vulgare* à la paille courte, fine et extrêmement rigide du *sphoerococcum*, ce qui eût été intéressant au point de vue pratique.

Quant aux caractères nouveaux apparus, ils peuvent s'expliquer par la réunion de gènes provoquant l'apparition de caractères à facteurs multiples; il se peut aussi que, sous des apparences d'homogénéité, toutes les lignées employées aux hybridations, particulièrement celle de *sphoerococcum*, ne soient pas absolument pures, formées d'un seul génotype. Pour étudier avec précision les combinaisons de caractères et leur disjonction, il faudrait disposer de lignées de pureté éprouvée. Nous avons dit au début de ce chapitre combien les meilleures méthodes de sélection laissent encore d'incertitude à ce sujet. Il est probable que beaucoup de discordances dans les résultats des études génétiques et cytologiques disparaîtraient si le matériel soumis aux études pouvait être mieux épuré.

b) Triticum durum × Tr. persicum. — Nous avons hybridé trois lignées de Blé dur (Biskri et Mahmoudi à glumes blanches et glabres, et Hamira à glumes rousses et pubescentes) avec deux variétés de *Tr. persicum* (*fuliginosum*, *stramineum*). Il n'existe aucune difficulté d'obtention des hybrides et la fertilité est complète. La coloration des glumes et la pubescence suivent généralement une ségrégation régulière. Nous avons observé un cas dans lequel deux géniteurs pubescents ont donné une proportion d'un cinquième environ de pieds glabres.

Quant à la couleur rousse du grain du *persicum*, elle réapparaît à la F^2 chez une proportion d'individus variant dans nos cultures de 9/12 à 11/12. Dans un cas, la totalité des 126 pieds de la F^2 étaient à grains roux, le parent Biskri à grains très blancs n'ayant pas été retrouvé.

Il est également très fréquent que la forme étroite et la faible densité s'imposent à l'ensemble des individus F^2. Nous l'avons constaté dans quatre hybridations sur six et, dans ces cas, il n'est pas possible non plus de retrouver le géniteur *durum*, qui présentait une densité beaucoup plus forte que le *persicum*.

Ces irrégularités dans la ségrégation des caractères des deux parents confirment les résultats de Vavilov et Jakushkina et montrent que

les deux espèces *durum* et *persicum* sont assez différentes l'une de l'autre pour rendre difficile la combinaison de leurs caractères intéressants au point de vue économique.

c) TRITICUM DURUM × TR. PYRAMIDALE. — Les variétés de *durum* citées dans le paragraphe ci-dessus ont été hybridées par trois variétés de *Tr. pyramidale* (*recognitum*, *pseudo-copticum* et *pseudo-compressum*) de PERCIVAL. Les hybrides sont très fertiles, donnent, en F^1, une dominance régulière et, en F^2, une ségrégation beaucoup plus régulière que pour les hybrides faits avec *persicum*. Pour ce qui concerne la forme très dense des épis du *pyramidale*, elle apparaît tantôt chez le plus grand nombre des individus de la F^2, tantôt chez le plus petit nombre; il est difficile d'en établir la statistique en raison des formes intermédiaires.

Ces deux espèces présentent une grande affinité.

d) TRITICUM DURUM × TR. TURGIDUM. — Les mêmes lignées de *durum*, auxquelles s'ajoutent *Sbéi* 292 à épi velu, blanc, plat et dense, et *Mekki* 102, à épi velu, roux, plat et très dense, ont été hybridées avec deux *turgidum* : l'un à épi blanc étroit, pubescent, l'autre à épi roux étroit, souvent ramifié et pubescent. L'hybridation réussit sans difficulté, donnant une F^1 à énormes épis et une F^2 de très grande taille, à très beaux épis, prolifiques.

La forme étroite, allongée, des épis du *turgidum* domine dans les dix hybridations que nous avons réalisées et se manifeste, en F^2, dans une proportion d'épis allant de 1/2 à 6/7 de la population totale. Les épis ramifiés se sont montrés, en F^2, dans 3 hybridations sur 5 avec un parent *turgidum* ramifié et 1 fois sur 5 avec le parent *turgidum* non ramifié. Cette anomalie représente, dans chacune de ces quatre hybridations où elle est apparue, environ 1/12 à 1/9 des individus F^2.

La pubescence des glumes est dominante et la ségrégation des deux allélomorphes est à peu près simple.

La coloration des glumes domine le blanc, mais se fait dans des proportions très variables d'une hybridation à l'autre.

Deux exceptions se sont montrées :

dans une hybridation *Hamira* × *turgidum* blanc, tous deux pubescents, la F^1 est bien pubescente, mais il est apparu, en F^2, 161 épis glabres pour 445 pubescents;

dans une hybridation *Sbéi* 292 × *turgidum* blanc, tous deux à grains blancs, la F^1 a des grains roux et l'on compte, en F^2, 129 épis à grain roux pour 263 à grain blanc.

Nous sommes à peu près sûr de la pureté des lignées de *durum* employées dans cette hybridation, mais les *turgidum* avaient été reçus

récemment de Portugal et nous n'en avons pas vérifié la pureté. Cet exemple démontre encore la nécessité de s'assurer de la pureté génétique absolue du matériel sur lequel on veut étudier la ségrégation des caractères au cours des cultures d'hybrides.

Réserve faite pour ces deux exceptions, les résultats obtenus semblent bien montrer une étroite affinité entre *durum* et *turgidum*.

7. Hydridations interspécifiques, entre groupes différents

L'étude des résultats de l'hybridation entre deux espèces ne possédant pas le même nombre de chromosomes présente un grand intérêt scientifique et pratique : le comportement des chromosomes associés par la fécondation dans les diverses générations est un moyen de se rendre compte de leurs analogies et de leur différenciation, d'aborder le problème de l'évolution des espèces en établissant leur phylogénie; le mode de transmission des caractères, le degré de stérilité, la constance ou l'instabilité des combinaisons renseignent sur les possibilités de transmettre aux espèces d'un groupe des qualités appartenant à celles d'un autre.

a) Hybridations entre 3e et 2e groupes : 42 × 28 chromosomes

Les hybridations suivantes ont été étudiées au point de vue cytologique : *polonicum* × *spelta* et *turgidum* × *compactum* (Kihara, 1919), *durum* × *vulgare* (Kihara, 1919; Sax, 1922a; Thompson, 1925), *polonicum* × *compactum* (Kihara, 1921), *turgidum* × *vulgare* (Watkins, 1924; Watkins et Cory, 1931), *dicoccum* × *vulgare* (Thompson et Hollingshaad, 1927), *dicoccoides* × *aegilopoides* (Bleier, 1928).

Quelles que soient les espèces et variétés employées dans l'hybridation, *le comportement cytologique* de tous les hybrides est le même. L'hybride F^1 a 35 chromosomes. Lors de la mitose réductrice, 35 chromosomes (14 + 21) sont présents dans les cellules-mères du sac embryonnaire et dans les cellules-mères du pollen. Les 14 chromosomes du type *Emmer* s'apparient à 14 chromosomes du type *spelta* pour former 14 gemini (chromosomes bivalents); les 7 autres chromosomes *spelta* ne trouvent pas de partenaires et restent univalents. A la métaphase hétérotypique, les 14 bivalents se rassemblent en plaque équatoriale, leurs deux constituants se séparent normalement et se dirigent vers les pôles; les 7 univalents, d'abord éparpillés, arrivent plus tard à l'équateur, se fendent longitudinalement et les moitiés se dirigent vers les pôles. Elles n'y arrivent pas toujours à temps pour s'incorporer aux noyaux-fils; certaines peuvent rester dans le plasma et être résorbées, d'autres arrivent lors de la deuxième division. Les

noyaux des dyades comprennent donc 14 chromosomes entiers et 7 moitiés ou moins.

A la division homéotypique qui suit, les 14 chromosomes entiers se divisent longitudinalement, se dirigent vers les pôles, suivis par un nombre variable de moitiés d'univalents, qui ne subissent plus de nouvelle division et qui n'arrivent pas toujours toutes à temps pour participer à la formation des noyaux. Les cellules des tétrades ont donc dans leur noyau de 14 à 21 chromosomes. Au cours des deux divisions, la perte des chromosomes se produit au hasard (Watkins, 1924).

D'après Watkins, environ 35 % de ces tétrades se développent normalement en grains de pollen; la formation du sac embryonnaire se fait dans les mêmes conditions, mais, par suite de la perte définitive de chromosomes au cours de la division hétérotypique, les cellules-œufs ont des nombres chromosomiques plutôt inférieurs à ceux des pollens; toutes ces cellules-œufs seraient aptes à la fécondation.

Ce comportement des chromosomes lors de la formation des gamètes fait supposer, hypothèse formulée au début de la description de la mitose germinale, que les 14 chromosomes du groupe *Emmer* s'apparient avec 14 chromosomes du groupe *Spelta* et que les 7 univalents non appariés représentent les 7 chromosomes particuliers à *Spelta*. C'est l'hypothèse la plus simple, elle paraît correcte, mais on a observé des résultats qui peuvent être expliqués par d'autres modes d'appariement.

Ce seraient surtout les pollens dont le nombre de chromosomes est égal à celui des parents qui seraient fertiles. D'autre part, de nombreuses fleurs restent stériles pour diverses causes. Watkins (1930) envisage : stérilité du pollen, incompatibilité de l'embryon avec l'endosperme, autofécondation impossible dans certaines fleurs, alors que le pollen des parents peut féconder la cellule-œuf, et, accessoirement, cellules-œufs non fonctionnelles, avortement de l'embryon.

La plante F^1, plus ou moins fertile suivant les espèces et même les variétés utilisées comme parents, donnant des gamètes de 14 à 21 chromosomes qui se fusionnent pour donner des graines, les plantes F^2 ont de 28 à 42 chromosomes. Elles présentent des aspects très variés, témoignant de nombreuses combinaisons de facteurs et des degrés très divers de fertilité ou de stérilité.

Les travaux de Kihara (1921-1924), de Watkins (1924-1925-1927) ont montré que la fertilité et la stérilité sont en rapport avec la constitution génétique des F^2. Ces deux auteurs ont fait la même hypothèse : les 7 chromosomes univalents sont tous différents et ce ne sont que des chromosomes semblables qui peuvent s'apparier en zygotes. (Nous

représentons ces paires dans les formules suivantes en les plaçant entre parenthèses.)

Les F^2 qui ont 35 chromosomes (14 + 14) + 7, c'est-à-dire la garniture chromosomique de F^1, sont fertiles et se comportent comme elle.

Les F^2 qui ont 28 chromosomes (14 + 14) ont fait retour au type *Emmer*, qu'elles reproduisent de façon constante.

Les F^2 dont le nombre chromosomique est compris entre 28 et 35 (14 + 14) + 1 à 6 univalents sont plus ou moins fertiles, si aucun des univalents n'est représenté en double.

Les F^2 qui ont 42 chromosomes (14 + 14) + (7 + 7), qui ont fait retour au type *Spelta*, sont fertiles et reproduisent indéfiniment ce type.

Les F^2 dont le nombre chromosomique est compris entre 35 et 42 sont fertiles si ce nombre peut se décomposer ainsi (14 + 14) + 7 + (1 à 6), c'est-à-dire si, avec 14 bivalents, il existe une première série complète des 7 univalents et de 1 à 6 univalents, qui viennent transformer un nombre égal de chromosomes de cette première série en bivalents. Dans ce cas, le nombre des bivalents + le nombre des univalents est toujours égal à 21 (ex. : 15 bivalents + 6 univalents; 17 bivalents + 4 univalents; 20 bivalents + 1 univalent, etc.).

Kihara a résumé dans un tableau, reproduit ci-dessous d'après Bleier (1930), les combinaisons de chromosomes donnant des plantes fertiles :

Combinaisons fertiles

Groupe de diminution

28 = 14 + 14 ..... constant.
29 = 14 + 14 + a ..... g C^1
30 = 14 + 14 + a ..... g C^2
31 = 14 + 14 + a ..... g C^3
32 = 14 + 14 + a ..... g C^4
33 = 14 + 14 + a ..... g C^5
34 = 14 + 14 + a ..... g C^6

35 = 14 + 14 + a b c d e f g — groupe de diminution / 35 / groupe d'augmentation

Groupe d'augmentation

36 = 14 + 14 + a b c d e f g + a....g C^1
37 = 14 + 14 + a b c d e f g + a....g C^2
38 = 14 + 14 + a b c d e f g + a....g C^3
39 = 14 + 14 + a b c d e f g + a....g C^4
40 = 14 + 14 + a b c d e f g + a....g C^5
41 = 14 + 14 + a b c d e f g + a....g C^6
42 = 14 + 14 + a b c d e f g + a b c d e f g constant.

Les autres combinaisons sont dites stériles par KIHARA (ex. 14 + 14) + (3 + 3) = 17 bivalents = 34 chromosomes. (14 + 14) + (4 + 4) + 2 = 18 bivalents + 2 univalents = 38 chromosomes, etc. Elles donnent en réalité des plantes naines tallant parfois sans épier ou donnant des épis stériles. Ces combinaisons stériles sont assez rares d'après WATKINS. Nous les avons observées dans le croisement *T. durum* × *T. vulgare* et même dans des croisements intraspécifiques, sans soupçonner que leur nanisme correspondrait à une constitution cytologique particulière.

Une autre constatation importante a été faite par KIHARA en suivant la descendance d'un F^1 au point de vue cytologique.

Le groupe des plantes F^2 ayant de 35 à 28 chromosomes donne une descendance dans laquelle les plantes fertiles ont un nombre chromosomique qui diminue à chaque génération pour se rapprocher de 28 (groupe de diminution de KIHARA). Tout se passe comme si la perte des univalents s'accentuait de plus en plus. Les causes de la prédominance des plantes à 28 chromosomes ne sont pas complètement élucidées malgré de nombreux travaux.

Le groupe de F^2 ayant de 35 à 42 chromosomes produit une descendance dont le nombre chromosomique augmente (groupe d'augmentation), comme si la réunion des univalents en bivalents s'accentuait et les sauvait de toute perte. Ce groupe tend à acquérir 42 chromosomes et à faire retour au *Spelta*.

Il serait intéressant de pouvoir mettre les *caractères morphologiques ou physiologiques* en parallèle avec la constitution cytologique des hybrides, la génétique ayant parmi ses buts l'explication des phénomènes de transmission héréditaire des caractères. L'analyse de ces caractères est plus particulièrement difficile chez les hybrides pentaploïdes de Blé (14 + 21 = 35). La F^1 est fertile, mais la F^2 est partiellement stérile; les cellules-œufs étant fonctionnelles, il faut féconder l'hybride avec ses parents; c'est précisément la méthode employée par WATKINS (1927-1928) qui lui a permis, ainsi qu'on le verra plus loin, d'apporter quelques points de repère dans le mode de transmission de certains caractères et d'en déduire la constitution factorielle hypothétique.

Les premières constatations que révèle l'examen de la F^2 sont : l'apparition de types nouveaux paraissant tout à fait étrangers aux parents, celle de « formes intermédiaires si nombreuses que la classification en est presque impossible, et la F^3 n'éclairait pas la situation (WATKINS). Nous pouvons ajouter que la disjonction est loin d'être achevée à la F^2, que des combinaisons nouvelles apparaissent dans les générations suivantes. Il suffit parfois de partir d'un épi d'un type nouveau, d'une forme speltoïde par exemple, pour obtenir

Disjonction du Blé Huguenot : *Tr. vulgare* × *Tr. durum*.
Vue d'ensemble des formes différentes obtenues.

une richesse extraordinaire de combinaisons, dont plusieurs stériles, non encore apparues précédemment. Nous illustrons ces faits par les planches ci-jointes montrant un certain nombre de formes intermédiaires normales et anormales parmi les très nombreuses (environ un millier) obtenues de la disjonction d'un épi de Huguenot (*T. durum australe* Perciv.), hybride naturel entre Médéa (*durum*) et Purple Straw (*vulgare*). La plupart des types nouveaux sont stériles ou peu fertiles; nous n'avons pu en garder aucun.

Vavilov et Jakushkina (1925), qui opéraient sur des croisements entre *Triticum persicum* et des Blés du troisième groupe, qualifient de « disjonction désharmonique du type Naudin » l'apparition de ces formes très variées se prêtant mal à toute classification, tandis que Watkins (1930) est d'avis « qu'une analyse exacte de ces croisements suivant les lignes mendéliennes est possible, quoique difficile ». Il est très vraisemblable que le principe de la ségrégation reste le même, qu'il s'agisse d'hybridations entre parents ayant le même nombre ou des nombres différents de chromosomes. Mais, dans ce deuxième cas, les irrégularités qui se produisent dans la distribution des chromosomes qui ne trouvent pas à s'apparier déterminent la formation de nombreuses garnitures chromosomiques différentes dans les cellules-œufs et dans les pollens, et une variété considérable de formes qui ne sont pas seulement intermédiaires entre les parents, mais peuvent en différer au point de paraître monstrueuses.

Le comportement des chromosomes lors des mitoses germinales (hétérotypique et homéotypique) permettrait de faire deux hypothèses quant à la disjonction des caractères : a) les bivalents se disjoignent seuls normalement, les caractères qu'ils déterminent devraient pouvoir se transférer d'un groupe à l'autre et suivre les rapports mendéliens; b) les caractères déterminés par les chromosomes non appariés, que l'on suppose appartenir en propre au groupe *Spelta*, ne devraient se trouver que dans les plantes à nombre chromosomique élevé. Mais la systématique nous a appris, ainsi qu'il a été exposé plus haut, que les deux groupes envisagés ne diffèrent pas par des caractères particuliers spécifiques à chacun d'eux, mais par la combinaison de ces caractères et des limites différentes dans leur variabilité. Les types de chaque groupe sont nettement distincts; les caractères, pris individuellement, avec leur valeur absolue dans chaque géniteur, ne sont pas des attributs spécifiques.

Il s'ensuit qu'il faut, et Watkins (1930) insiste tout particulièrement à ce sujet, étudier ensemble les rapports entre le nombre chromosomique et le type du groupe, et entre ce nombre et les caractères particuliers.

Les hybrides 2e groupe × 3e groupe montrent, aussi bien que les

lignées pures de ces groupes, une corrélation marquée entre le nombre chromosomique et le groupe. Plus les hybrides se rapprochent de 28 chromosomes, plus ils ressemblent au type *Emmer*, plus leur nombre chromosomique est voisin de 42, plus ils s'identifient au type *Spelta* (KIHARA, WATKINS, etc.); les formes à nombre intermédiaire de chromosomes sont rares, instables et souvent stériles. Cela indique que les caractères dont la présence simultanée constitue le type des groupes sont liés entre eux; cette association, mise en évidence par SAX (1923), THOMPSON (1925), est qualifiée par WATKINS de véritable linkage.

Dans l'hybridation *turgidum* × *vulgare*, cet auteur montre que la forme carénée ou arrondie de la glume n'est pas associée au nombre chromosomique et peut être transférée d'une espèce à l'autre; mais le transfert de la carène de *turgidum* à *vulgare* s'accompagne de l'apparition d'autres caractères qui produisent le type speltoïde à glumes épaisses et dures. D'autre part, dans le même croisement, on n'a trouvé des pailles creuses que dans les hybrides à 42 chromosomes; *vulgare* a cependant des variétés à paille pleine, mais elles sont rares, et WATKINS en conclut : « Il est probablement fréquent qu'un caractère rare, mais pas tout à fait absent dans un groupe, et fréquent dans l'autre, ne puisse être transféré par le croisement. »

TOCHINAI et KIHARA (1927) rapportent une observation semblable. Dans l'hybridation *durum* × *vulgare*, on ne trouve jamais la paille pleine dans le « groupe d'augmentation », qui s'achemine vers *T. vulgare*.

Parmi ces caractères de groupe, on peut encore citer la résistance à la rouille. Les deux auteurs qui viennent d'être cités ont constaté que les hybrides *durum* × *vulgare* (le premier résistant, le second susceptible à *Puccinia graminis*) étaient résistants à divers degrés chez les plantes à 28-29 chromosomes, mais parfois susceptibles; que les hybrides *Polonicum* × *Spelta* (le premier assez résistant, le second susceptible) étaient, chez les plantes à 42 chromosomes, beaucoup plus susceptibles que le *Spelta*.

De même, THOMPSON (1925) établit que, dans les hybrides *durum* × *vulgare*, la résistance à la rouille est en corrélation avec les caractères *durum*, et considère cependant comme possible le transfert de la résistance au type *vulgare*, trois plantes appartenant à ce type s'étant montrées résistantes.

Ces quelques heureuses exceptions, déjà signalées par HAYES, PARKER et KURTZWEIL (1920), s'expliquent, suivant WATKINS, « si l'on admet que les chromosomes additionnels apportent un facteur augmentant la susceptibilité et que les exceptions se produisent par l'appariement occasionnel de ce chromosome avec celui du groupe *Em-*

DISJONCTION DU BLÉ HUGUENOT : *Tr. vulgare* × *Tr. durum.*
FORMES NORMALES, *vulgare* ET *durum.*

Disjonction du Blé Huguenot : *Tr. vulgare* × *Tr. durum*.
Formes anormales : durelloïdes, speltoïdes, stériles.

mer », ce qui revient à dire que le caractère d'immunité relative, généralement lié aux caractères de groupe, se comporterait accidentellement comme un caractère particulier se transmettant de manière indépendante.

Cette hypothèse, pour vraisemblable qu'elle soit, ne rend pas compte de l'augmentation de la susceptibilité au delà de celle du parent le plus susceptible. Nous avons constaté que cette disjonction transgressive était très fréquente dans une descendance de *durum* × *vulgare* observée pendant plusieurs générations, au point qu'il ne nous a été possible de conserver aucune lignée de *vulgare*, l'heureuse exception d'une susceptibilité moindre n'ayant pas été observée.

La susceptibilité de *vulgare* et la résistance de *durum* aux rouilles sont d'ailleurs des plus variables et placées sous la dépendance du climat et de la durée de la période de végétation, ainsi que nous l'avons exposé au chapitre précédent, à propos de la classification de Vavilov basée sur les caractères d'immunité dans les groupes. Les races précoces de *vulgare* échappent à peu près complètement à *Puccinia graminis*, les races précoces de *pyramidale* (2e groupe) sont très susceptibles à *Puccinia glumarum*, les races tardives de *durum* souffrent parfois autant que les *vulgare* de *Puccinia graminis*. Ces constatations, maintes fois répétées dans nos cultures de collections et d'expériences, nous incitent à la plus grande réserve quant aux rapports mendéliens que l'on peut établir concernant le caractère résistance à la rouille. Les résultats obtenus pour un cas particulier ne sont pas, selon nous, généralisables à tout un groupe.

Watkins (1927-1928) a cherché à établir, au moyen du recroisement de la F^1 avec chacun des deux parents, afin de supprimer toute stérilité, la statistique de la disjonction de quelques facteurs particuliers dans le croisement *turgidum* × *vulgare* : caractères cireux et non cireux des plantes, forme de la glume. Il a établi des formules représentant la distribution des facteurs de ces caractères dans les deux parents et leurs hybrides. Nous ne pouvons entrer ici dans les détails; il suffit de rappeler sa conclusion : « 1° Certains caractères tels que la paille creuse et la résistance à la rouille sont ordinairement associés à un nombre chromosomique élevé ou non élevé; d'autres, même les traits importants de la forme de la glume, sont facilement transférables d'une espèce à l'autre; 2° De nouveaux caractères apparaissent et la variation a la tendance générale à dépasser les limites posées par les parents; 3° Plusieurs caractères se disjoignent en groupes et ces groupes sont probablement déterminés par des groupes de facteurs, une séparation fortuite des caractères étant signalée. Enfin, il y a une association définie entre le nombre chromosomique et le type, c'est-à-dire les combinaisons de caractères. »

Quelle peut être *l'importance pratique* des hybridations entre les Blés des deuxième et troisième groupes ? Certains auteurs, comme Bleier (1930), pensent qu'il est possible de créer par cette méthode des hybrides joignant aux caractères de *vulgare* la résistance à la rouille des Blés du 2e groupe, mais que la sélection est difficile, par suite de la stérilité de beaucoup de combinaisons; Bleier fait observer que celles qui correspondent à une augmentation de la résistance de *vulgare* ont probablement des grains ratatinés qui obligeront à le recroiser ensuite pour modifier ce fâcheux caractère. Il écrit même : « La sélection combinée avec les hybrides *Emmer-Spelta* présente, au point de vue de la résistance à la rouille, des possibilités beaucoup plus grandes pour la pratique que le croisement de variétés de *vulgare*. »

Nous souhaitons que cette affirmation reçoive une consécration par les travaux des hybrideurs et sélectionneurs. D'après ce que nous avons pu observer dans notre milieu nord-africain, et que nous nous garderons bien de généraliser à d'autres situations, il nous paraît plus certain de réussir à créer des variétés de *vulgare* résistantes à la rouille par simple sélection des formes existantes et par des croisements entre variétés que par hybridation avec des Blés du groupe *durum*. Il existe en effet une gamme très étendue de susceptibilité chez les variétés de *vulgare;* certaines, comme la Richelle 110, dépassent, *en Tunisie*, la résistance des Blés durs.

Nous avons repris toutefois, en 1930, les hybridations entre 2e et 3e groupes; mieux informé des précautions à prendre et des méthodes à suivre qu'il y a dix ans, nous pourrons être plus attentif à profiter des heureuses combinaisons, malgré leur grande rareté.

D'autres caractères des Blés durs présenteraient pour les Blés tendres un grand intérêt dans les climats chauds et secs, par exemple la résistance à l'égrenage, qui résulte d'une glume dure, coriace, solidement appliquée contre le grain, ce qui le protège, non seulement de l'égrenage spontané, mais aussi de l'échaudage, deux accidents redoutés des céréaliculteurs nord-africains.

A ce point de vue, certaines *formes speltoïdes* nous paraissent intéressantes; il convient de dire quelques mots de ce type de Blé, assez particulier et qui a déjà fait l'objet d'importants travaux.

Les formes speltoïdes de Blé présentent, comme leur nom l'indique, des caractères qui les rapprochent de l'épeautre (*Spelta*), particulièrement la forme de la glume et la faible densité de l'épi. Le rachis n'est pas toujours fragile: nous avons trouvé des formes à rachis mou, très résistant à la rupture, en même temps que les glumes étaient solidement attachées et enfermaient étroitement le grain. De telles formes obtenues à la suite d'hybridation *durum* × *vulgare* ont

pu être amenées à l'état de lignées pures, parfaitement stables. Elles ont été sacrifiées en raison de l'insuffisante rigidité de leur paille et de leur rendement médiocre, décision que nous regrettons aujourd'hui, parce qu'elles auraient fourni de bons géniteurs pour corriger, par croisement, la disposition à l'égrenage et à la rupture des épis que présentent certains Blés tendres, remarquables, par ailleurs, sous le rapport de la précocité, du rendement et de la valeur industrielle.

Ces formes speltoïdes issues de croisement s'observent non seulement dans les croisements interspécifiques, mais encore dans les croisements entre variétés de *vulgare*. Il n'y a guère de ces croisements qui n'en produisent pas, dans nos cultures. Il ne faut pas confondre ces formes speltoïdes avec celles qui apparaissent comme mutations dans les cultures pures et dont nous avons parlé précédemment.

b) Hybridation entre 2e et 1er groupes : 28 × 14 chromosomes

L'hybridation entre les Blés à 28 et à 14 chromosomes donne une F^1 dont la stérilité est très élevée, ce qui fait que les études cytologiques ont porté surtout sur le comportement des chromosomes lors de la formation des gamètes de cette F^1 (Sax, 1922, 1928; Thompson, 1926; Thompson et Cameron, 1928; Kihara et Nishiyama, 1928; Aase, 1930).

Dans les *gamètes de la* F^1, alors que Sax (*Turgidum* × *monococcum*) avait indiqué l'appariement de 7 chromosomes de l'un des parents avec 7 chromosomes de l'autre et le non-appariement de 7 chromosomes de *turgidum* ne se déplaçant pas et restant intacts au cours de la division hétérotypique, mais se divisant au cours de la division homéotypique, les autres auteurs ont trouvé que le nombre des paires conjointes varie de 3 à 7, les univalents variant de 7 à 15, lesquels se rendent pour la plupart à l'équateur et se divisent au cours de la première cinèse; le nombre des chromosomes dans les grains individuels de pollen pouvant varier de 13 à 18, et étant ordinairement de 10 ou 11. Ces constatations ont porté sur des hybrides de *monococcum* avec *turgidum*, *durum*, *polonicum*, *dicoccum* et *dicoccoides*.

Dans un mémoire paru récemment, Thompson (1931) fait connaître le résultat d'études cytologiques portant sur la F^2, pour laquelle il a pu disposer d'un nombre important de plantes. Nous donnons ci-dessous un résumé des points saillants de son étude.

Plus de 98 % du pollen de la F^1 est ratatiné et vide. Il y a une fleur sur 800 à 900 qui donne un grain. La F^1 ne peut être recroisée d'aucune manière avec le parent à 14 chromosomes; avec le parent à 28 chromosomes, la fertilité reste très peu élevée.

Toutes plantes de la F^2 ont un nombre somatique de chromosomes compris entre 26 et 42 (voir tableau ci-dessous) :

Nombre de chromosomes.....	26	27	28	29	30	35	36	42
Durum (28) × *monococcum* (14)....	1	2	11	6	2	2	..	2
Turgidum (28) × *monococcum* (14).		1	6	2	1	3	2	

Aucune plante ne présente un nombre chromosomique se rapprochant de 14. Cette ségrégation est très différente de celle, exposée au paragraphe précédent, pour les hybrides des Blés 42 × 28 chromosomes, lesquels ont de 28 à 42 chromosomes, avec prédominance des formes se rapprochant de 28.

Ces résultats montrent, contrairement aux observations antérieures, que la plupart des gamètes de F^1 qui ont fusionné par fécondation pour reproduire la F^2 devaient avoir 14 chromosomes ou plus; ceux de moins de 14 chromosomes fonctionnent rarement ou pas du tout.

Les deux plantes hexaploïdes (42 chromosomes), les plantes pentaploïdes (35 chromosomes), auxquelles on peut ajouter les deux plantes à 36 chromosomes, ont dû se produire, d'après Thompson, non par une fécondation accidentelle avec du pollen *vulgare*, mais par suite du fonctionnement de gamètes à 21 chromosomes.

Pour expliquer la formation de gamètes à 21 chromosomes, Thompson reprit l'examen de la division méiotique de la F^1. La division hétérotypique ne présentait rien de particulier et donnait des noyaux d'interphase ayant environ 14 chromosomes (7 moitiés de bivalents + 7 moitiés d'univalents, ou 6 + 9 ou 5 + 11). Une cloison séparait les deux noyaux.

Par contre, la division homéotypique montra de temps en temps le phénomène de la restitution d'un noyau unique. Les moitiés de bivalents arrivaient les premières aux pôles, les moitiés d'univalents restées en arrière formant un pont de liaison entre les deux ébauches de noyaux. Il se reconstituait ainsi un noyau unique d'abord en forme d'haltère, empêchant la formation d'une cloison de séparation. Il y avait des grains de pollen en triades au lieu de tétrades.

« De la restitution résulterait la formation des gamètes à 21 chromosomes. Si 7 paires s'étaient disjointes au cours de la prophase de la division hétérotypique, les noyaux d'interphase devaient avoir 7 moitiés de bivalents et 7 moitiés d'univalents et le noyau restitué du pollen 7 + 7 des bivalents + 7 des univalents = 21 chromosomes; pour 6 paires disjointes 6 + 6 + 9 = 21; par 5 paires disjointes 5 + 5 + 11 = 21. »

Un cas semblable de doublement du nombre de chromosomes par restitution d'un noyau dans les cellules-mères des gamètes a été signalé par Rosemberg (1917), mais la restitution se produisait après la division hétérotypique.

L'examen de la F^3 montra : que les 11 plantes F^2 à 28 chromosomes donnèrent des descendantes à 28 chromosomes, avec très peu et souvent pas d'univalents; que les descendants des plantes à 35 chromosomes en ont moins et tendent à prendre l'état 28 chromosomes; que les descendantes des plantes à 36 chromosomes ont tendance à arriver à l'état 42; que les F^2 à 42 chromosomes donnent des plantes à 42 chromosomes, avec de rares non-conjonctions.

Les *caractères extérieurs* des deux groupes (*monococcum* et *emmer*) apparaissent chez les hybrides et s'y combinent diversement. Malgré l'absence de plantes à nombre chromosomique égal ou voisin de celui de *monococcum*, les caractères *monococcum* se montrent chez un nombre important d'hybrides: des caractères nouveaux apparaissent qui n'appartenaient pas aux parents : absence de barbes, épaule de la glume vide plus prononcée que chez *monococcum*, absence des poils du rachis. Thompson en conclut que les caractères particuliers du groupe *emmer* doivent se trouver principalement dans les 7 chromosomes qui s'apparient avec ceux de *monococcum*.

Blaringhem (1914) a obtenu en 1910, et cultivé depuis, un hybride *Triticum monococcum* × *T. durum* qui s'est montré très peu fertile à la F^1, puis dont la fertilité s'est accrue, pour devenir complète, à mesure que les descendants, sans présenter de disjonction, accentuaient leur ressemblance avec *durum*. Cet hybride, appelé *monodurum* par l'obtenteur, a gardé du *monococcum* son port infléchi des tiges, sa tardivité, sa résistance aux rouilles, sa rusticité.

Cet hybride a pu être hybridé facilement et réciproquement avec *durum* et avec *spelta* (Blaringhem, 1925[a]).

c) Hybridation entre 1[er] et 3[e] groupes (14 × 42 chromosomes)

L'étude cytologique des gamètes de la F^1 a donné pour *Spelta* × *monococcum* (Melburn et Thompson, 1927) de 0 à 5 bivalents faiblement appariés, une partie des univalents pouvant se diviser dès la cinèse hétérotypique; pour *Spelta* × *aegilopoides* (Kihara et Nishiyama, 1928) de 7 à 10 bivalents, parfois 1 à 2 trivalents.

Les hybrides entre ces deux groupes sont stériles ou très peu fertiles. Le *monococcum* est très résistant à la rouille, qualité qui fait grandement défaut au groupe *Spelta;* il ne semble guère possible d'espérer le transfert de cette qualité d'un groupe à l'autre, en raison de la stérilité presque générale des hybrides.

8. Hybridations intergénériques

a) Blé × Seigle (Triticum × Secale). — Les espèces du genre Seigle, qu'il s'agisse du Seigle cultivé (*Secale cereale* L.) ou du Seigle sauvage (*Secale montanum*), ont 14 chromosomes. Nakao (1911) a trouvé deux lignées de Seigle à 16 chromosomes qui ne se distinguent pas morphologiquement de la race à 14 chromosomes. Le chromosome supplémentaire des gamètes (8 au lieu de 7) proviendrait de la division en deux parties d'un chromosome de la race normale.

La fécondation du Seigle par le Blé réussit rarement, il semble qu'il y ait incompatibilité physiologique entre le pollen du Blé et les gynécées du Seigle. La fécondation du Blé par le Seigle se produit facilement, même dans la nature, ainsi que nous l'avons signalé au paragraphe Fécondation naturelle.

Les hybrides *T. vulgare* × *Secale* possèdent 28 chromosomes somatiques (21 + 7). Dans les gamètes de la F^1, au moment de la division hétérotypique, Bleier (1930), après Kihara (1924), n'a observé que peu d'appariements en gemini, de 0 à 4. Les chromosomes ne se rassemblent pas toujours en plaque équatoriale; ils sont souvent disséminés. Des chromosomes restent souvent dans le cytoplasme et y forment de petits noyaux (nucléi) surnuméraires. Le cloisonnement donne souvent trois cellules, au lieu de deux, contenant chacune un ou plusieurs noyaux.

La division homéotypique est plus régulière; les chromosomes s'y dédoublent régulièrement sur une plaque équatoriale, mais il se forme généralement plus de 4 noyaux et de 4 cellules à la place de la tétrade régulière. Dès ce stade, commence la dégénérescence de beaucoup de grains de pollen, tandis que la plupart des cellules-œufs sont fonctionnelles.

Dans les générations ultérieures, il apparaît des formes ressemblant aux deux parents et des intermédiaires. Les nombres chromosomiques de ces hybrides sont en rapport avec leurs apparences morphologiques. Il apparaît aussi des Blés à plus de 42 chromosomes. D'après Bleier, on peut s'attendre à des phénomènes de doublement du nombre de chromosomes chez les hybrides fertiles en raison même de la disposition des chromosomes pendant la cinèse réductionnelle.

Ces hybrides auraient une certaine importance au point de vue pratique, parce que plusieurs qualités du Seigle (précocité et résistance à la gelée) auraient pu être transférées au Blé (Meister). Il y a lieu de remarquer que ces hybridations réussirent mieux entre certaines variétés qu'entre d'autres.

Baringhem (1922), en hybridant *T. spelta* par *Secale cereale*, a ob-

tenu 5 plantes F^1 très tallées (22 à 27 talles, plus grandes que les parents), complètement stériles. Elles étaient remarquablement résistantes à la rouille. Elles végétaient très longtemps et donnèrent 8 fois plus de matière sèche que les parents. Certains caractères (axe, port, texture des feuilles, couleur des pigments, distribution des épillets) sont strictement maternels; d'autres (pilosité des axes, pointes des glumes et des glumelles, coloration de l'albumen) sont paternels.

Les hybrides *Tr. turgidum* × *Secale* ont donné, au même auteur (1924), des lignées parfaitement fertiles.

De nouvelles tentatives (1926) de croisement de *Spelta* et de *turgidum* avec *Secale* lui ont donné des lignées fertiles, cette fertilité étant limitée aux talles tardives. Il semble bien que « la stérilité de ces hybrides ne soit pas fondamentale, mais dépende des conditions de croissance et puisse être éliminée par l'intervention intelligente de l'opérateur ».

Ces tentatives d'hybridations sont à reprendre au Service Botanique, où la fécondation croisée se produit naturellement, par une variété précoce de Seigle, et semble être suivie d'une assez bonne fertilité.

b) Aegilops × Triticum et Triticum × Aegilops. — Les hybrides entre *Aegilops* et Blé ont éveillé beaucoup d'intérêt, depuis longtemps, parce que l'on pensait que l'*Aegilops* avait concouru, par des hybridations, à la formation de l'espèce *Triticum vulgare*. Godron (1885) a montré qu'*Aegilops triticoides* est le résultat d'une hybridation d'*Aegilops ovata* par *Triticum vulgare* et il a obtenu également des hybrides entre cet *Aegilops*, le Blé dur et l'Epeautre. Des travaux récents ont permis une connaissance très complète du genre *Aegilops*, dont la diversité d'espèces et de variétés, ainsi que la constitution cytologique, rappellent celles du *Triticum* (Zhukowsky, 1928[a]; Eig, 1929; Miczynski, 1926-29-31; Avdulow, 1931).

Thompson (1931) donne les nombres chromosomiques des espèces d'*Aegilops* (nombre diploïdes) comme suit :

14 chromosomes : *aucheri*, *bicornis*, *caudata*, *comosa*, *longissima*, *speltoides*, *squarrosa*, *uniaristata*.

28 chromosomes : *triuncialis*, *cylindrica*, *ovata*, *triaristata*, *variabilis*, *ventricosa*.

42 chromosomes : *crassa*, *turcomanica*.

Les *Aegilops* ont été hybridés entre eux et avec les différentes espèces de *Triticum* (Blaringhem, 1923-1295[b]-1927-1930-1931; Sax et Sax, 1924; Sax, 1928; Percival, 1926; Kagava, 1928-1929; Bleier, 1928). Thompson donne un tableau complet des résultats de l'examen cyto-

logique des gamètes. Le nombre des chromosomes bivalents est très variable, surtout dans les hybridations avec le Blé, et la fertilité est faible ou nulle. *Aegilops cylindrica* serait le plus proche parent de *T. vulgare*, avec lequel il forme souvent 7 bivalents, ce qui indiquerait qu'il possède une série de 7 chromosomes en commun avec *vulgare*, alors qu'il ne forme souvent aucun bivalent avec les Blés du groupe *Emmer*. Percival avait conclu de ses études purement morphologiques (1921), avant tout travail cytologique, que les caractères spéciaux à *T. vulgare* devaient provenir d'*Aegilops* par l'hybridation.

Ae. triuncialis semble posséder une garniture en commun avec les *Emmer*, de même que *Ae. crassa* avec *vulgare*.

Ae. ovata hybridé avec les Blés à 28 chromosomes (*dicoccum*, *dicoccoides*, *durum*, *polonicum*) donne peu d'appariements. La F^1 doit avoir 28 chromosomes et, recroisée avec *dicoccum*, elle a donné à Sax des descendants ayant tous 42 chromosomes comme *vulgare* et présentant des caractères communs avec cette espèce; mais ils ne donnent, à la division réductrice, que 14 bivalents et 14 univalents, en raison même de leur mode de production.

Ces plantes sont d'ailleurs stériles.

Une mention spéciale doit être faite des *Aegilotricum* fertiles obtenus par Tschersmak (1926-1929) des hybridations suivantes :

1 *Aegilops ovata* × *Triticum dicoccoides*, F^1 1920, encore cultivé en 1929.
2 — *durum Arrascita*, F^1 1921.
3 — *turgidum*, F^1 1915, F^3 1929.
4 — *compositum turgidum*, F^1 1912, F^6 en 1929.
5 — *amyleum* (*dicoccum*), F^1 1915, F^5 en 1929.
6 — *monococcum*, F^1 1915.
7 — *vulgare*, F^1 presque stérile.

Tschermak (1929) écrit : « Les premiers cas de l'*Aegilotricum* ont donné un résultat intéressant : les hybrides, plutôt faibles et presque stériles en F^1, restaient, à partir de la F^2, de forte croissance, fertiles et constants; ils montraient, à l'étude des F^3 ou F^6, un nombre de chromosomes double (28/56) de celui des espèces parentes (14/28). »

Le doublement du nombre des chromosomes a été expliqué par Rosemberg (1928) par une irrégularité dans la division hétérotypique avec restitution d'un noyau complet, formation de dyades au lieu de tétrades de pollen.

Tschermak observa que la théorie doit être étendue aux autres cas

connus de diploïdie obtenue à la suite d'hybridation et qui concernent tous des hybrides fertiles et stables entre espèces qui ont le même nombre de chromosomes, et même aux cas, encore rares, d'hybrides entre espèces à nombre inégal de chromosomes (par exemple les cas 6 et 7 ci-dessus et *T. turgidum* à 14/28 × *Tr. villosum* à 7/14 obtenus par lui-même).

Il pense que, dans ces hybridations d'espèces différentes, les chromosomes ne se fusionnent pas, mais s'additionnent, et le zygote F^1 est alors un di-haploïde et non un véritable diploïde. Il produit des gamètes di-haploïdes qui, en s'unissant, donnent un zygote F^2 di-diploïde. Tandis que F^1 est chétif, F^2, produit par l'union normale de deux moitiés de chromosomes de la même espèce en un système unique, devient vigoureux et fertile. Ces hybrides fertiles résultent d'une véritable chimère nucléaire, s'opposant aux chimères somatiques.

Ces dernières pourraient d'ailleurs très bien provenir, d'après Tschermak, de la séparation occasionnelle des deux parties du noyau et de leur distribution dans des cellules somatiques différentes, qui deviennent ainsi purement paternelles ou maternelles. Par exemple, *Cytisus Adami* pourrait résulter d'une chimère nucléaire par disjonction végétative, c'est-à-dire être un véritable hybride mosaïque. L'auteur ajoute : « La question se pose de savoir si quelques espèces fertiles apparemment originelles, spécialement les formes cultivées, n'ont pas pu provenir de formes plus pauvres en chromosomes par hybridation avec addition de chromosomes ou chimères nucléaires. »

Cette conception originale est à retenir pour guider les recherches relatives à la phylogénie des espèces, des groupes d'espèces et des genres.

Il n'est pas impossible que l'hybridation des *Aegilops* avec différents Blés puisse donner des résultats intéressants pour la pratique agricole.

Blaringhem (1925[b]) a obtenu un hybride *Aegilops ventricosa* × *Tr. turgidum* présentant, dès le début, beaucoup de caractères de l'Epeautre. Fécondé par *turgidum*, à la F^1, il devint autofécond et donna en cinq générations, de 1925 à 1930, des lignées ne faisant retour ni à l'un ni à l'autre des parents, mais correspondant au *Tr. spelta*.

Deux séries de lignées donnent des Epeautres sans barbes correspondant aux trois variétés *album*, *amissum* et *neglectum* de Körnicke et des Epeautres barbus représentant les variétés *Arduini*, *albovelutinum* et *coerulem* du même auteur.

Une troisième série, à barbes longues, glumes velues à longue pointe, non appliquées sur les grains, 5-6 fleurs donnant 4-5 grains, épis de densité 13-16, rachis solide, est un Epeautre aussi prolifique

qu'un Blé tendre cultivé. L'auteur propose de le ranger dans une nouvelle section : *T. spelta* L. sect. *polycoccum* Blar.

Il est possible que ce Blé appartienne à la série des *Aegilotricum* et se soit formé comme ceux qu'a obtenus Tschermak.

C. PHYLOGÉNIE. ORIGINE

Il existe à l'état sauvage des Blés appartenant au premier groupe (*Aegilopoides*) et au deuxième groupe (*dicoccoides* et *Timopheevi*); on n'en connaît aucun appartenant au troisième groupe.

Avant le développement des études cytologiques sur les races pures et les hybrides, les théories relatives à la phylogénie des Blés étaient basées sur les ressemblances et les différences morphologiques.

Percival (1921) considère *monococcum* cultivé comme dérivant d'*Aegilopoides* sauvage, par réduction des poils sur les feuilles et le rachis; les Blés de la série *Emmer* proviendraient de croisements entre des mutants des *dicoccoides*; seul, *turgidum* est considéré comme hybride entre *dicoccum* européen et une forme de *vulgare* à épi dense ou de *compactum*. Quant au 3e groupe, sa complexité et sa diversité ne peuvent être expliquées que par une origine hybride entre deux espèces, ou peut-être davantage. Les caractères particuliers (poils de la feuille, paille creuse, base arrondie de la glume externe, barbes courtes ou abondantes) semblent provenir d'*Aegilops ovata* ou d'*Aegilops cylindrica*, les autres pouvant avoir été fournis par *T. dicoccoides; T. spelta*, *T. compactum* et *T. sphaerococcum* se seraient formés en même temps par disjonctions d'hybrides ou comme mutants.

Les constatations, maintenant très nombreuses, tirées de l'étude cytologique des hybrides artificiels et du comportement des chromosomes pendant les cinèses qui constituent les gamètes, ont été utilisées pour rechercher s'il était possible de déceler les liens de parenté entre les groupes d'espèces du genre *Triticum* et entre ce genre et les genres voisins *Secale* et *Aegilops*.

Il semble que l'on soit fondé à admettre que la formation régulière de 7 bivalents dans une hybridation entre deux groupes, ou deux genres, indique la possession par les gamètes de chacun des deux groupes, ou des deux genres, d'une série de 7 chromosomes qui leur serait commune et qui n'aurait pas subi de différenciation empêchant l'appariement.

Ce dernier peut d'ailleurs être *étroit*, correspondre à une soudure intime sur toute la longueur (télosyndèse) ou *lâche* par soudure bout à bout des chromosomes (parasyndèse).

Un tableau complet de ces observations est donné par Thompson

(1931) en désignant chaque série de 7 chromosomes par les lettres A, B, C, D, etc., et en tenant compte des appariements pendant les cinèses de réduction dans les gamètes des hybrides.

Conclusions déduites de l'appariement des chromosomes concernant les homologies des garnitures chromosomiques (génomes) :

Einkorns 7 chromosomes.....	A							
Emmers 14 chromosomes.....	A	+	B					
Vulgares 21 chromosomes.....	A	+	B	+	C			
Aegilops cylindrica 14 chromosomes.					C	+	D	
— ovata 14 —							D	+ E
— triuncialis 14 —	A ou B					+	D	
— ventricosa 14 —							D	+ F
— speltoides 14 —	A ou B							
— crassa 21 —					C			+ +
— caudata 7 —							D ou E	
Secale 7 —							D	

L'utilisation de cette méthode soulève de nombreuses objections, dont nous rappelons les principales, d'après Thompson (1931) et Bleier (1931) :

a) les observations des différents auteurs ne concordent pas, sans doute parce qu'ils ont travaillé avec des races différentes dans chaque espèce et des conditions de milieu non identiques. On sait maintenant que l'abaissement de la température peut suspendre les phases d'une cinèse et apporter des troubles très importants dans la formation des noyaux;

b) il existe des cas d'appariement entre chromosomes non homologues appartenant à des séries différentes, ce qui peut donner une fausse apparence de garnitures homologues (Kagawa, 1929);

c) des séries primitivement identiques ont pu subir, au cours de l'évolution, des mutations de structure qui empêchent actuellement l'appariement normal de certains chromosomes et le transforment en appariement lâche fréquent chez les hybrides de céréales;

d) il se produit des appariements entre chromosomes de la même espèce (autosyndèse, Jenkins, 1929), ce qui fausse l'importance attachée aux bivalents;

e) les faits génétiques ne sont pas toujours d'accord avec l'hypothèse cytologique, les caractères observés chez les hybrides ne correspondant pas à ceux que l'on suppose engendrés par la série de chromosomes envisagés.

Thompson conclut : « Vu toutes les difficultés, désaccords, contra-

dictions et les sources possibles d'erreurs, il reste beaucoup de travail à faire avant que l'on puisse dresser un schéma satisfaisant des homologies des chromosomes embrassant toutes les espèces et reflétant les parentés botaniques et génétiques. Sauf les cas spéciaux, impliquant des types intimement liés, toute théorie phylogénétique serait prématurée. » Bleier est tout aussi prudent : « Il vaut mieux oublier les formules de génomes. On peut évidemment utiliser la formation des bivalents comme une échelle tout à fait approximative, aussi bien que le principe de la stérilité; les critériums morphologiques sont cependant beaucoup plus sûrs. »

La formation d'espèces nouvelles, par doublement ou simple addition des nombres de chromosomes, dont nous avons rapporté les cas se rapportant au Blé (*Aegilotricum* de Tschermak) et dont on connaît d'autres exemples (*Nicotiana*, *Primula*, *Raphanus* × *Brassica*, *Rosa*, *Fragaria*), est un pas sérieux vers la connaissance du mode de formation des espèces, mais n'éclaire pas pour le moment le passé. Il faudrait réaliser expérimentalement la synthèse des Blés actuels aux dépens de quelques espèces originelles, ce qui n'est peut-être pas possible, car ces dernières ont pu se modifier suffisamment, au cours du temps, pour ne plus réagir de même aujourd'hui.

Enfin, la méthode phytogéographique, inaugurée par Vavilov, en établissant les centres de diversité et d'origine des espèces de Blés, apporte bien un appui à l'hypothèse de l'origine commune des Blés d'un même groupe et peut-être à l'intervention possible des *Aegilops*, véritables satellites des Blés, mais elle n'est pas favorable à l'idée de la filiation entre les groupes, qui nécessiterait un point de départ commun, d'ailleurs peut-être assez ancien pour qu'il soit actuellement impossible de le situer géographiquement.

Il semble que l'hypothèse la moins risquée que l'on puisse formuler aujourd'hui, à la lumière des travaux de phytogéographie, de cytologie et de génétique, soit la suivante.

La forme originelle des Blés serait une espèce à 14 (2n) chromosomes, dont l'aire actuelle est l'Asie Mineure.

Le groupe à 28 chromosomes se serait formé à la suite d'une hybridation, suivie de doublement du nombre de chromosomes du Blé à 14 chromosomes, avec une espèce inconnue à 14 chromosomes. Le centre actuel de sa diversité est l'Abyssinie; c'est peut-être dans cette région qu'il faudrait chercher cette espèce hypothétique; on ne peut pas penser à un doublement de chromosomes par autoploïdie (analogue au cas de *Primula sinensis*), parce que la grande diversité de formes du groupe à 28 chromosomes par rapport à celui de 14 implique une hybridation et une alloploïdie (analogue au cas de *Primula Kewensis*).

Les *Aegilotricum* de TSCHERMAK seraient la production actuelle, artificielle, d'un doublement du nombre 28 avec intervention de l'*Aegilops* comme parent; ils pourraient être le point de départ d'un nouveau groupe à 56 chromosomes.

Le groupe à 42 chromosomes a pu se produire par hybridation d'un Blé à 28 chromosomes (dont il possède les caractères essentiels et auquel il reste génétiquement lié) avec une espèce à 14 chromosomes, probablement un *Aegilops*, puisqu'il en a hérité la plupart de ses caractères particuliers. Le centre primaire de diversité de ce groupe étant le S.-W. de l'Asie, c'est sans doute dans ces régions qu'il faudrait chercher l'espèce, ou les espèces d'*Aegilops* qui ont pu participer à sa formation. L'énorme diversité de formes que renferme ce groupe s'expliquerait mieux par plusieurs hybridations que par une seule.

La principale objection à cette explication est l'éloignement géographique, actuel, des centres de diversité primaire des trois groupes; il faudrait admettre que, antérieurement à la formation de ces centres, les hybridations créatrices d'espèces nouvelles ont pu se produire à la périphérie des aires d'extension du groupe *monococcum* d'abord, du groupe *durum* ensuite.

D. NOTION D'ESPÈCE LINNÉENNE, DE GROUPE D'ESPÈCES ET DE RACE DANS LE GENRE TRITICUM

Nous avons décrit, au chapitre de la Systématique, les espèces, les groupes d'espèces et les races de Blé d'après leurs caractères morphologiques et cytologiques et en tenant compte des centres de diversité et d'origine des groupes d'espèces, tels qu'ils ont été récemment établis par les travaux de VAVILOV et de ses collaborateurs.

L'étude hybridologique que nous venons de résumer et les résultats des tentatives faites pour établir la phylogénie des espèces de *Triticum*, quoique jusque-là à peu près infructueuses, nous permettent de revenir sur la conception même des groupes naturels qui constituent ce genre.

L'espèce linnéenne était considérée, jusqu'à ces dernières années, comme la réunion de formes affines (variétés ou, suivant la conception de JORDAN, espèces élémentaires), résultat de variations, peu importantes, d'un type dont il était assez difficile de préciser les caractères propres ou spécifiques. Ces variations semblaient s'être produites au hasard, sans ordre ni plan d'ensemble, et la valeur de leur groupement en espèces, souvent discutée, restait toujours un peu douteuse.

Les études de Vavilov et de ses collaborateurs, relatives aux plantes cultivées et aux espèces sauvages voisines, portant sur un nombre vraiment considérable de formes, recueillies sur place, dans le monde entier, et cultivées ensuite côte à côte, ont permis d'établir, pour un nombre déjà important d'espèces, un tableau presque complet de leur variabilité et d'apporter des précisions à la notion d'espèce linnéenne (Vavilov, 1931).

« L'espèce linnéenne (sens linnéen de Lotzy) est un système complexe et déterminé, c'est-à-dire un ensemble de parties mutuellement associées. L'étude de quelques centaines d'espèces a établi *l'absence d'espèces monotypes* représentées par une seule forme (race). *Elles sont toutes constituées par plusieurs génotypes* et il existe une *régularité de processus dans la genèse des formes, dans les limites de l'espèce*. Les formes ne sont pas séparées, mais sans doute génétiquement associées, se croisent facilement et donnent une descendance fertile. »

La réunion et la culture de collections importantes (300.000) de formes des espèces cultivées et des espèces sauvages voisines a permis la découverte d'un certain nombre d'espèces nouvelles et de milliers de variétés jusqu'alors non décrites, dont plusieurs de grande importance pratique, et par conséquent de mettre en relief le grand *polymorphisme naturel* de ces espèces.

Exemples :

1) On a établi l'existence de 13 espèces de pommes de terre, dont certaines très résistantes aux maladies et au froid.

2) Les espèces *Triticum persicum* Vav. et *T. Tymopheevi* Zhuk étaient inconnues avant ces explorations.

3) La moitié des variétés de Blé de l'Abyssinie sont nouvelles.

4) Les espèces *Avena strigosa* Schreb., *Av. brevis* Roth., *Av. hirtula* Lag., qui passaient pour présenter un très petit nombre de formes, ont montré une grande diversité de races, associées en un système génétique harmonieux, dans les régions qui constituent leurs centres d'origine.

5) On a réuni 10 variétés de Seigle au lieu de trois connues antérieurement.

6) On a réuni 58 variétés de Lentilles au lieu de cinq connues antérieurement; de nombreuses variétés du cotonnier dans chacune des espèces connues. Il a fallu remanier toute la systématique des Cucurbitacées cultivées. L'exploration des centres de diversité des arbres fruitiers (Vavilov, 1930) promet également une riche collection de formes nouvelles.

Le généticien va plus loin dans l'étude de l'espèce, l'*hybridologie lui permet de révéler la nature complexe des génotypes* et de montrer que l'homogénéité extérieure n'implique pas la simplicité génétique de l'espèce ou de la variété.

Un caractère qui paraît simple peut résulter de l'interaction de plusieurs gènes que l'éloignement dans l'espace a pu répartir chez des formes où ce caractère ne peut se manifester. Le croisement est nécessaire pour établir l'analyse et la synthèse génétiques.

Exemples (cités par VAVILOV, 1931) :

BATESON et PUNNETT ont prouvé que *Lathyrus odoratus* de Sicile, d'apparence homogène, est riche en gènes de coloration de la fleur et autres caractères généralement dominants par rapport à ceux des formes horticoles ordinaires. Croisé avec ces dernières, il a donné toute une série de formes nouvelles.

Les *Pisum sativum* et *Pisum arvense* recueillis en Abyssinie et en Afghanistan, croisés avec les formes récessives européennes, relativement homogènes, ont produit de nombreuses formes nouvelles, révélant ainsi leur nature génétique complexe.

Enfin, les cultures pures (Inzucht, Inbreeding), appliquées à des plantes soumises à la fécondation croisée naturelle, font apparaître des formes nouvelles, des *mutations*, soit dans le milieu habituel, soit sous l'influence de facteurs physico-chimiques employés artificiellement.

Exemples (cités par VAVILOV, 1931) :

Le Seigle a donné des formes inconnues dans la nature (paille fragile comme celle des prêles, feuilles étroites, glumes larges, glume à carène ébréchée, glumelle furquée, plantes naines, formes unisexuées).

Le Maïs a fourni aux travailleurs américains, par culture pure et avec l'action des rayons X, des formes à feuilles étroites, à feuilles gaufrées, des inflorescences monstrueuses, des plantes naines, des plantes ne se croisant pas avec d'autres, des plantes à caractères de Téosinte; toutes ces formes sont récessives.

Des milliers de mutations ont été enregistrées chez l'*Antirhinum* (BAUR et STUDE), l'Orge et le Maïs (STADLER), le Riz (travaux japonais), obtenues par les chercheurs à l'aide des rayons X et d'autres facteurs physiques, ou ont été observées dans la nature.

L'espèce linnéenne présente donc un potentiel de variabilité insoupçonné que révèlent la connaissance du centre primaire et des centres secondaires de diversité, l'analyse et la synthèse hybridologiques, la recherche et la détermination des mutations.

Cette variation ne se produit pas au hasard. Elle présente, entre les espèces voisines et souvent entre les genres voisins, des homologies évidentes mises en relief par l'examen de formes suffisamment nombreuses. Ce parallélisme a conduit VAVILOV à formuler la *loi des « séries homologues de variations*, dans les limites de l'espèce ».

Les céréales en ont fourni les premiers exemples. Il suffit de comparer les tableaux de classification des variétés dans les espèces pour s'en rendre compte. Des caractères, de découverte récente, comme l'absence de ligule, observée d'abord chez le Blé tendre, ont été trouvés ensuite chez toutes les céréales (Blé dur, Avoine, Seigle, Maïs), sauf chez l'Orge. Les Blés durs sans barbes, jusqu'alors inconnus, ont été trouvés en Abyssinie, les glumes renflées à la base (furquées) chez l'Orge, le Blé tendre, le Blé dur, le Seigle.

Un tableau déjà très complet de ces séries homologues de variations a été dressé par les soins des travailleurs russes.

Il faut donc, dans la notion d'espèce linnéenne, envisager séparément :

a) les caractères qui appartiennent en commun à tous les individus de l'espèce et restent, pour cela même, inaccessibles à l'analyse hybridologique;

b) les caractères accessibles à cette analyse, dont le tableau complet n'est pas donné par l'observation des formes trouvées dans la nature;

c) les interactions avec le milieu extérieur et les fluctuations qui en résultent;

d) l'aire de dispersion géographique, avec les centres primaires et secondaires de diversité où se manifeste le potentiel de variabilité dans les conditions naturelles, ainsi que l'adaptation à une région déterminée.

« L'espèce linnéenne est un système morpho-physiologique distinct, complexe et variable relié, dans sa genèse, à un milieu et à une aire déterminés » (VAVILOV, 1931).

Le genre *Triticum* fournit un exemple de grandes espèces linnéennes (*monococcum*, *durum*, *vulgare*) distinctes à tous les points de vue envisagés ci-dessus, divisées en espèces plus ou moins conventionnelles peut-être, parce que l'espace ne les a pas encore suffisamment séparées et parce que l'hybridation, créant entre elles des intermédiaires, rend confuses les limites de chacune d'elles.

VAVILOV estime même que l'espèce *durum* forme, en Abyssinie d'une part, et dans les régions méditerranéennes d'autre part, deux sous-espèces très distinctes par l'ensemble de leurs caractères, et qu'il en est de même de l'espèce *turgidum*.

L'évolution du Blé se serait produite sous la double influence d'hy-

bridations intergénériques et interspécifiques créatrices d'espèces nouvelles, intraspécifiques créatrices de races, et du milieu réglant l'adaptation et provoquant sans doute des mutations.

E. AMÉLIORATION DES BLÉS EN TUNISIE

C'est en 1906 que fut entreprise l'amélioration des céréales en Tunisie par la chaire de botanique à l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis, laquelle chaire fut complétée par une station expérimentale en 1908. L'importance prise par ces travaux et le bon accueil qui leur fut fait par les agriculteurs déterminèrent le Gouvernement à grouper la station expérimentale agricole et le Jardin d'essais (créé en 1892) pour constituer un Service Botanique, autonome, doté de la personnalité civile, d'un domaine, de laboratoires et de personnel, avec la mission de s'occuper de l'amélioration de toutes les plantes cultivées. La création date du 1er janvier 1914, mais ne reçut réellement sa réalisation qu'à partir de 1919, après la guerre. Un décret du 16 février 1932 transforme le Service actuel en Service Botanique et Agronomique et étend ses attributions à tout ce qui concerne l'amélioration de la production végétale dans la Régence.

9. Méthodes d'amélioration

Les méthodes d'amélioration d'une culture comportent :

a) le choix des meilleures variétés locales ou étrangères, ce qui constitue la *sélection*;

b) le perfectionnement des variétés existantes, par leur *croisement* avec d'autres variétés, afin de grouper un plus grand nombre de qualités sur le même type végétal;

c) la bonne *adaptation* des variétés aux diverses régions naturelles;

d) l'accroissement de la fertilité du sol par de bonnes méthodes de culture et l'emploi d'engrais appropriés.

Il convient de ne négliger aucune de ces méthodes d'amélioration de la production, car elles se complètent l'une l'autre. Une variété très perfectionnée et productive ne peut donner le maximum de son rendement que dans les situations qui lui conviennent et dans des terres suffisamment fertiles. De même, l'accroissement de la fertilité du sol ne peut produire tout son effet que si l'on dispose de variétés susceptibles d'utiliser au mieux cette richesse latente.

Depuis vingt-cinq ans et surtout depuis douze ans, les méthodes de préparation du sol ont fait de tels progrès, sous l'impulsion d'un certain nombre d'agriculteurs de Tunisie, que l'amélioration des varié-

tés n'a pu suivre celle de la fertilité et que la verse est devenue le principal facteur limitant les rendements dans les exploitations qui ont été les premières à réaliser ces progrès. Nous exposons, dans les chapitres IV et VI, ce qui se rapporte au sol et aux engrais; nous n'envisagerons ici que l'amélioration de la plante Blé.

a) Sélection

La sélection, ou choix des reproducteurs, peut être pratiquée suivant deux méthodes.

La première consiste à choisir, dans une culture de Blé, des pieds ou des épis correspondant au type que l'on veut multiplier, à les battre *ensemble* et à semer le produit. Si le résultat attendu n'est pas obtenu dès la première récolte, on répète le choix chaque année. Cette *sélection massive* arrive à faire prédominer la forme que l'on désire, sans permettre toutefois de l'obtenir à l'état de pureté; les résultats obtenus sont incomplets, jamais définitifs, et il faut continuer indéfiniment la sélection, ou, tout au moins, la répéter à intervalles assez rapprochés.

Ce n'est pas là le défaut le plus grave de la méthode. Le choix que l'on fait d'une forme de Blé, pour la multiplier, implique qu'on la juge *a priori* la meilleure de celles qui constituent le mélange; or, rien ne prouve que les caractères sur lesquels on a basé son choix (beauté des épis ou du grain) correspondent à une forme très productive. Ce sont souvent les variétés qui ne se signalent à l'attention par aucun caractère esthétique qui donnent le meilleur rendement.

Pour choisir dans un mélange la forme la plus productive, il n'y a pas d'autre moyen que de séparer tous les types qui constituent ce mélange, de les obtenir à l'état de pureté et d'en comparer les rendements.

Cette méthode consiste à partir d'un grand nombre de pieds, différant les uns des autres, même par de petites particularités sans importance pratique, à les égrener *séparément*, à semer *à part les graines de chaque pied*, pour en constituer le point de départ d'autant de *lignées* que l'on ne mélange jamais entre elles au cours des générations successives. Cette *sélection individuelle*, suivie d'une *multiplication généalogique* (dite pédigrée), est universellement adoptée aujourd'hui et constitue l'un des plus grands progrès qui aient été apportés dans les méthodes d'amélioration des plantes cultivées. C'est l'application, aux organismes supérieurs, des méthodes pastoriennes de cultures pures qui sont à la base des études bactériologiques.

Nous dirons plus loin les avantages pratiques qui résultent de la culture de variétés pures de Blé.

Le but de toute amélioration du Blé étant une augmentation du rendement en grain à l'hectare, la paille pouvant être considérée comme accessoire, la sélection des lignées pures, dans une population mélangée ou issue de croisement, doit s'appliquer aux formes qui présentent les caractères méritant d'être considérés comme des facteurs du rendement.

Parmi ces facteurs, les uns sont morphologiques et se rapportent aux organes dont la présence est corrélative de la production du grain; d'autres sont physiologiques et correspondent à une bonne adaptation au milieu, d'autres enfin sont constitués par la résistance aux intempéries et aux parasites.

L'embarras du sélectionneur est très grand, lorsqu'il se trouve en présence de centaines et souvent de milliers de lignées représentées par un petit nombre d'individus, pour fixer son choix sur les plus méritantes. Il ne peut penser à les soumettre toutes à des essais comparatifs sérieux et il doit procéder à une première élimination, très importante, de toutes les formes présentant de graves défauts. Ces derniers concernent surtout les caractères physiologiques et la résistance des plantes aux intempéries et aux maladies. Le rejet de toutes les lignées trop tardives, sujettes à l'égrenage, à l'échaudage, à la verse, à la rouille, insuffisamment résistantes au froid, à la sécheresse, s'impose au sélectionneur; cette sélection préliminaire est facile, mais dure plusieurs années, parce que les défauts que nous venons de citer ne se manifestent pas avec une égale intensité tous les ans.

Remarquons, en passant, que cette première élimination de toutes les formes indésirables, si importante au point de vue pratique, est très facile quand on compare les lignées pures cultivées côte à côte, tandis qu'il est impossible de l'appliquer à un mélange. Cette constatation suffit à elle seule pour montrer au sélectionneur que la sélection individuelle, avec culture pédigrée, est la seule vraiment scientifique et pratique.

Les véritables difficultés commencent lorsqu'il s'agit de faire un choix parmi les lignées suffisamment adaptées et résistantes, dont il devient nécessaire d'estimer le rendement.

Le rendement n'est autre chose que le produit du poids moyen du grain d'un épi par le nombre d'épis à l'unité de surface; il importe de rechercher les variétés présentant au maximum ces deux facteurs.

Le poids de grains contenu dans un épi moyen est facile à déterminer, puisque l'égrenage et la pesée d'une centaine ou d'un millier d'épis prélevés sans choix (correspondant à la moyenne) suffisent.

Il est plus compliqué de déterminer le nombre d'épis au mètre carré et de déterminer l'influence de la densité de la végétation sur le rendement. Dans une culture claire, les épis sont plus gros et plus

lourds que dans une culture serrée; il faut donc déterminer la relation existant entre le poids des épis et leur nombre au mètre carré. Cette relation varie d'une variété à l'autre : certains Blés tendres, comme la Richelle hâtive, le Blé de Mahon, présentent une grande possibilité d'accroissement des épis en fonction de la richesse du milieu; d'autres, comme le Florence, modifient peu le format de leurs épis lorsqu'ils se trouvent en sol riche.

Il y a peu à tenir compte de la faculté de tallage, car elle est généralement plus grande, sous notre climat, qu'elle ne peut se manifester dans une culture normale. Il n'y a pas d'intérêt à obtenir plus de deux ou trois tiges par plante et l'économie de semences que l'on peut faire en employant des Blés à fort tallage est compensée par l'inconvénient d'une végétation plus prolongée, d'une maturation souvent incomplète des dernières talles. Un semis un peu plus dense corrige d'ailleurs facilement un manque d'aptitude au tallage. Il y a lieu seulement de rejeter les variétés à très faible tallage, parce que peu vigoureuses.

En récoltant dans un champ d'expériences plusieurs parcelles d'un mètre carré pour chacune desquelles on détermine le poids de grains et le nombre d'épis, on peut se faire une idée de la densité de semis qui correspond au meilleur rendement en grain.

Le rendement peut alors être exprimé par : $R = N \times Pe$.

N = nombre d'épis au mètre carré,

Pe = poids moyen du grain dans un épi, lorsque R est maximum.

Il arrive fréquemment que ce rendement maximum est obtenu par des variétés à épi moyen pouvant supporter une assez grande densité de végétation. Les variétés à gros épi (et généralement à gros grains) ne forment des épis normaux que lorsque la culture est suffisamment claire, et il en résulte un rendement médiocre.

Le sélectionneur ne doit donc pas se laisser guider par les caractères « esthétiques » de beauté des épis et des grains; ces caractères conviennent pour faire des gerbes d'exposition et non pour obtenir de hauts rendements.

C'est dire que le poids de 1.000 grains nous intéresse assez peu. Sa détermination est utile comme caractère de variété, mais il n'a pas de relation définie avec le rendement.

Il en est de même du poids de l'hectolitre. Les minotiers y attachent une importance exagérée. Un poids élevé est généralement l'indice d'un bon état de siccité et d'un haut rendement en farine; mais il y a lieu de remarquer qu'il suffit d'une petite proportion d'impuretés comme la paille, les balles, les grains vêtus, pour diminuer la densité, alors que le poids d'impuretés % est presque nul. D'autre part,

les gros grains laissent plus de vide et pèsent moins à l'unité de volume. Quand on enlève, par le trieur, les petits grains et les grains cassés, on diminue le poids de l'hectolitre, bien qu'on améliore indubitablement les qualités industrielles du Blé.

La densité de l'épi est un caractère important pour la sélection en raison de sa corrélation avec le rendement. Toutes les formes anciennes de Blé tendre étaient à épi lâche et ne fournissaient pas de rendement très élevé.

Les formes constituant le groupe de *T. compactum* que l'on a séparé des Blés tendres sont généralement à médiocre rendement, dans nos régions, parce que ces Blés restent nains et parce que les grains, étant très serrés, sont petits.

C'est parmi les Blés tendres à densité moyenne que se trouvent les variétés améliorées.

Le caractère qui augmente le plus le rendement, c'est la fertilité des fleurs de l'épillet, qui fait varier de 2 à 5, et même plus, le nombre de grains par épillet. Chez les anciennes formes, il y a deux grains normaux et parfois un petit; chez les Blés à épi carré, il y en a 4 et même 5; chez certains hybrides nous en avons compté jusqu'à 7. Les Blés durs ordinaires n'ont généralement que deux grains normaux et un petit; les épis sont aplatis suivant le profil et le rachis est visible entre les deux rangées. Une des principales directives de leur amélioration doit être de leur donner la forme squarehead (à épi carré) plutôt aplatie par les faces.

Pour tenir compte de l'importance du nombre de grains en même temps que de la densité, il faudrait établir un nouveau symbole que l'on appellerait indice de productivité et qui serait le poids de grain par unité de longueur : Pg/L.

La durée de la végétation, bien que variable d'une année à l'autre suivant les conditions météorologiques, est un caractère héréditaire qui permet de distinguer des variétés d'hiver et de printemps, des variétés précoces, tardives, intermédiaires.

En Tunisie, sauf peut-être dans la zone littoralienne nord [1], il n'y a qu'une seule époque possible de semailles pour les céréales : l'automne; la brièveté de la période de végétation, l'absence d'arrêt hivernal de la croissance font qu'on ne peut cultiver que des variétés correspondant aux formes de printemps; les autres sont trop tardives. La précocité est une qualité primordiale permettant à la récolte d'échapper aux sécheresses survenant de bonne heure au printemps.

---

(1) On nous a signalé, en 1931, un rendement de 9 quintaux à l'hectare, de Blé tendre Florence × Aurore 588, *en culture arabe*, pour une semaille effectuée en mars, dans la région humide de Béja.

En France, on admet que les variétés de Blés précoces sont à rendement plus faible que les variétés tardives. Il est logique que la brièveté de la période de végétation s'accompagne d'une réduction du rendement, lorsque la maturation ne risque pas d'être brusquée par la sécheresse. Dans nos régions, où cette dernière éventualité est presque la règle, on constate que les variétés précoces, semées à une époque convenable, sont susceptibles de donner des rendements plus élevés que les variétés tardives et qu'elles réussissent aussi bien dans les régions fraîches du Nord que dans les situations sèches et chaudes du Centre et du Sud. Des rendements moyens dépassant 30 quintaux ont été atteints, en 1931, avec Florence × Aurore 588 (Cailloux).

Les variétés précoces ont d'ailleurs des tempéraments différents : certaines, comme la Richelle hâtive, doivent être semées de bonne heure, parce qu'elles craignent le froid de l'hiver; d'autres peuvent être semées plus tardivement, en fin de la période des semailles : le Florence, l'Irakié, le Blé Cailloux, les Pusa × Florence. Enfin, nous avons dû éliminer les variétés hâtives des pays froids, qui ne trouvent pas, en fin de végétation, des conditions de milieu favorables à une maturation normale.

La sélection, appliquée aux Blés indigènes et aux Blés importés, se borne au choix et à la multiplication des formes les meilleures et les mieux adaptées à chaque région, mais elle ne crée rien de nouveau; le choix des reproducteurs n'est possible qu'autant qu'ils existent au préalable.

Cette méthode est même impuissante à développer un caractère. Les lignées pures qu'elle isole sont des types naturels qui ne sont susceptibles ni d'amélioration ni de dégénérescence. Certains de leurs caractères quantitatifs, qui sont des facteurs du rendement, comme le tallage, les dimensions et la fertilité des épis, le nombre et le volume des grains, présentent des fluctuations dues à l'influence du milieu extérieur (conditions météorologiques et fertilité du sol). Ces possibilités de variation sont d'ailleurs la raison d'être de la culture. Mais il faut bien savoir que les améliorations dues à toutes les circonstances favorables au développement d'une lignée pure restent sous la dépendance de ces circonstances et ne deviennent pas héréditaires. Choisir, dans une lignée pure, les plus beaux pieds, les meilleurs épis, les plus gros grains, dans l'espoir de l'améliorer, est un effort vain. L'inutilité, l'inefficacité de ces tentatives ont été vérifiées depuis longtemps pour diverses espèces de plantes cultivées et par nous-même pour le Blé. C'est d'ailleurs un des principaux avantages de la séparation des lignées pures d'aboutir à un résultat définitivement acquis, ne nécessitant plus aucun autre soin que celui d'appliquer aux lignées les méthodes de culture les plus favorables à leur rendement économique.

Les types naturels ainsi isolés ne présentent généralement pas toutes les qualités que nous désirons voir réunies dans le Blé idéal. Les meilleures lignées ont des défauts. On s'efforce de les corriger par le croisement et l'hybridation.

b) Hybridation

Les Blés sont soumis à l'autofécondation, c'est-à-dire que l'ovaire de chaque fleur est fécondé par le pollen de cette fleur. Cette fécondation a lieu à huis clos, toutes glumes et glumelles fermées, et lorsque le Blé « fleurit » il laisse simplement sortir ses étamines devenues inutiles. Les fleurs ne s'entr'ouvrent qu'un instant. Les cas de fécondation croisée spontanée sont relativement rares. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle il existe des lignées pures, distinctes les unes des autres et se reproduisant identiques à elles-mêmes.

L'*hybridation* consiste à féconder l'une par l'autre deux espèces différentes, Blé dur et Blé tendre, par exemple, ou deux variétés de la même espèce.

L'hybridation entre espèces associe souvent, dans un germe nouveau, les patrimoines héréditaires de deux parents profondément dissemblables. Elle n'est d'ailleurs pas toujours possible. L'être qui en résulte est souvent stérile, aussi bien chez les végétaux que chez les animaux (mulet). S'il est fertile, il réalise une sorte d'équilibre instable entre les éléments paternels et maternels et ses descendants présentent des combinaisons plus ou moins nombreuses, elles-mêmes instables, des caractères parentaux. Au cours des générations successives, il y a un retour au type paternel et au type maternel. C'est la raison pour laquelle il existe, dans la nature, des espèces distinctes: les formes intermédiaires issues de l'hybridation disparaissent.

Pour les Blés, l'hybridation entre Blé dur et Blé tendre nous a donné, de même qu'à d'autres expérimentateurs, de nombreuses formes, dont une partie stériles, parmi lesquelles il nous a été impossible de séparer, à l'état stable, des lignées présentant une association des caractères appartenant au Blé tendre (absence de barbes, précocité) et de caractères spéciaux au Blé dur. S'il n'est pas scientifiquement impossible d'obtenir de telles lignées intermédiaires stables, il est pratiquement illusoire d'avoir recours à l'hybridation entre Blé dur et Blé tendre, parce que les combinaisons stables sont exceptionnelles, excessivement rares, que leur existence reste même incertaine.

Nous verrons plus loin que certaines espèces sont toutefois assez voisines l'une de l'autre pour qu'on puisse utiliser leurs hybrides.

L'hybridation entre variétés de la même espèce est une méthode

remarquable pour obtenir des variétés nouvelles parfaitement homogènes et stables.

Les variétés d'une même espèce, Blé tendre par exemple, ne diffèrent les unes des autres que par des particularités morphologiques de minime importance ou des propriétés physiologiques, qui s'opposent généralement par paires. Un Blé tendre est barbu ou sans barbes, glabre ou pubescent, à épi blanc ou coloré, à grain blanc ou roux; sa précocité présente de simples degrés, de même que sa résistance aux maladies, à la sécheresse, à la verse, à l'égrenage, etc...

Les croisements de variétés associent deux matières vivantes, presque identiques, ne différant que par des détails, qui peuvent se substituer l'un à l'autre sans nuire à l'équilibre de l'ensemble, et il en résulte des combinaisons nouvelles de caractères, par conséquent des variétés nouvelles, parfaitement stables. Les travaux de Mendel et de ses innombrables continuateurs ont montré que l'on peut obtenir souvent toutes les combinaisons mathématiquement possibles entre les caractères des parents, ce qui a permis de penser que les caractères, qui se montrent ainsi indépendants, sont dus à la présence d'un ou plusieurs *facteurs*, terme assez vague que l'on a remplacé par celui de *gènes* désignant des particules matérielles, dont l'existence reste hypothétique. Ce n'est pas ici la place d'exposer la théorie, devenue très complexe, de l'hérédité mendélienne; il suffit de reconnaître qu'elle a été extrêmement féconde en résultats pratiques et que la *génétique* est devenue l'une des branches les plus importantes de la biologie expérimentale.

Il est nécessaire de connaître les particularités des diverses variétés de Blé et les régions du globe où l'on peut les trouver, ce que l'on appelle maintenant *la distribution géographique des gènes*, pour se procurer les géniteurs possédant les qualités que l'on veut faire acquérir aux variétés locales préalablement amenées à l'état de lignées pures.

Nous avons été amené à adopter comme règle de prendre toujours l'un des géniteurs parmi les sortes locales ou celles qui sont bien acclimatées. Il ne faut pas oublier, en effet, que les caractères physiologiques, les plus importants au point de vue économique (précocité, résistance aux intempéries et aux maladies), qui constituent l'adaptation au milieu physico-chimique et au milieu animé, sont complexes et dépendent de facteurs mendéliens multiples. Si ces facteurs ne se trouvent pas réunis chez l'un au moins des géniteurs, on a peu de chances d'en obtenir le groupement chez les hybrides.

Sous notre climat sec, la réussite des fécondations croisées nécessite des soins particuliers, peut-être moins utiles dans les régions

fraîches. Il est nécessaire que les éléments mâles ou femelles soient très frais et mûrs juste à point pour que la fécondation ait lieu; le pollen surtout perd très vite ses facultés germinatives. De plus, l'absence fréquente de rosée le matin, la présence presque générale du vent obligent à n'ouvrir les fleurs à féconder que pendant un laps de temps très court si l'on veut éviter des pollinisations étrangères par le pollen flottant dans l'air.

Pour remplir ces conditions, les fleurs à féconder sont castrées plusieurs jours avant la maturation des anthères. Une vingtaine de fleurs sont préparées par épi, après la suppression de quelques épillets inférieurs; on ne garde que les deux fleurs inférieures des épillets opérés. Au-dessus de la région ainsi préparée et qu'on enferme dans du papier de soie, on supprime quelques épillets, mais on en laisse un bouquet au sommet de l'épi. Lorsque ceux-ci fleurissent, signe que les ovaires sont à point pour être fécondés, on supprime la partie terminale de l'épi, on enlève le papier et on féconde avec du pollen récolté à l'instant même sur la variété paternelle, dont on a convenablement étagé le semis; on enferme à nouveau l'épi fécondé dans du papier de soie; il faut employer des anthères en train de s'ouvrir, quelques heures suffisant pour tuer le pollen. Avec ces précautions, on arrive facilement à réussir 80 % de fécondations et à récolter 15 à 20 grains sur le même épi.

Une autre précaution consiste à n'employer que des lignées de géniteurs récemment pédigrées, de façon à être bien sûr de leur pureté. Les croisements naturels, assez fréquents sous notre climat chaud et sec, rendent cette précaution tout à fait indispensable.

c) Technique des essais comparatifs

La comparaison des lignées entre elles, afin d'établir la supériorité des meilleures, est la partie du travail d'amélioration qui est la plus délicate et la plus incertaine. Les multiples facteurs du rendement sont, les uns inhérents à la variété même (caractères morphologiques : longueur des épis, nombre des épillets, densité, nombre et grosseur des grains, etc...; caractères physiologiques : précocité, résistance aux intempéries et aux maladies, etc...), les autres dépendant du milieu (richesse du sol en éléments nutritifs, en eau, conditions de température, de vent, etc...). C'est dire que le rendement est fait de l'ensemble des réactions aux variations du milieu physico-chimique, d'un grand nombre de caractères fluctuants dont les plus importants dépendent de facteurs multiples.

Les caractères, ou plutôt les propriétés, d'une lignée peuvent être jugés, à la rigueur, dans leur ensemble, par la détermination du rendement à l'unité de surface.

Quant au milieu physico-chimique, il importe de tenir compte de son hétérogénéité et de sa variabilité.

Le sol, même lorsqu'il paraît uniforme et ne laisse apparaître aucune différence de fertilité par l'aspect des récoltes qu'il porte, présente une grande hétérogénéité qui fait varier le rendement dans de fortes proportions, sur des parcelles de faible étendue, très voisines. Il semble que l'aridité de notre climat introduit, dans nos régions, une cause d'hétérogénéité qui n'existe pas au même degré dans les régions humides. Il suffit de faibles dénivellations du terrain, causées par les instruments de culture (déraynres et ados de labours, etc., etc.), pour influer sur la répartition des eaux de pluie et, de la façon la plus imprévue, sur les rendements.

Pendant la première phase des travaux d'amélioration du Blé, les écarts de rendement entre les variétés pédigrées et les mélanges auxquels on les substituait étaient suffisants pour qu'une simple comparaison entre deux parcelles voisines fît ressortir l'avantage des variétés pures. Maintenant, la marge de progrès est plus faible, 5 à 10 %, souvent inférieure aux différences provenant de l'hétérogénéité du sol, et il a été nécessaire de mettre au point une technique des essais comparatifs, en demandant au calcul des probabilités le moyen d'obtenir des résultats suffisamment certains, malgré l'hétérogénéité du milieu (Bœuf, 1927).

Le principe essentiel de cette technique consiste à semer une série de parcelles suffisamment nombreuses de la variété à l'essai, intercalées avec un même nombre de parcelles témoins, à comparer les rendements obtenus et à déterminer, au moyen de calculs, la probabilité du résultat. Dans ce genre d'expériences, on ne peut pas obtenir une certitude absolue, il faut se contenter de savoir qu'il y a 5-10-15-20 chances contre une pour que le résultat soit significatif et non dû au hasard. La comparaison d'une ou deux parcelles à l'essai avec une ou deux parcelles témoins ne peut justifier aucune conclusion.

Même en appliquant la meilleure technique aux essais comparatifs de rendement, il ne faut pas oublier que les résultats ne sont valables que pour les conditions dans lesquelles ils ont été obtenus.

Les effets de la variabilité des conditions du milieu extérieur, dûs à la quantité de chaleur reçue, à la température de l'air et du sol, à l'humidité atmosphérique, au vent, etc..., ne peuvent être étudiés qu'en répétant les essais comparatifs pendant une assez longue période; nous en avons fixé la durée minimum à cinq années, pendant lesquelles sont notées les dates de semailles, d'épiage, de maturation, le développement végétatif, les dommages causés par les accidents météorologiques et les parasites, le poids moyen des grains (d'où

l'on déduit le degré d'échaudage par comparaison avec le poids moyen normal), le rendement en paille et grain.

Les difficultés pour établir, avec sécurité, la supériorité d'une variété nouvelle sur celles déjà en culture sont donc très grandes. Il est de la plus élémentaire prudence pour les agriculteurs de ne pas se laisser impressionner par les résultats, bons ou mauvais, obtenus pendant un ou deux ans avec une variété de Blé mise à l'essai. Il ne faut pas se presser de conclure, encore moins d'abandonner une variété qui, depuis longtemps, a fait ses preuves; *toute substitution doit être progressive* et s'accompagner d'observations attentives et suivies.

d) Maintien de la pureté — Contrôle de la production et de la vente des semences

La pureté d'une variété pédigrée ne peut être maintenue qu'au prix d'un certain nombre de précautions, tant à la station de sélection que chez les agriculteurs qui en entreprennent la production. Quels que soient les soins apportés pour empêcher les mélanges dans les récoltes, battages, triages, semailles, etc., il s'en produit toujours, ne serait-ce que par des transports de grains, sur les terrains ensemencés, par les oiseaux, les insectes, les animaux de trait (même si l'on prend soin de moudre les grains d'alimentation, car il en reste toujours dans la paille).

Enfin, il faut compter avec les croisements naturels, moins rares qu'on le supposait autrefois.

Il est donc indispensable de maintenir des cultures d'épuration; au Service Botanique de Tunisie, chaque variété en vente est représentée par un are d'élite n° 1 constituée par des lignées issues de pieds-types semés séparément (pour éliminer les descendances dont l'hétérogénéité indiquerait un croisement naturel), par 10 ou 20 ares d'élite n° 2, provenant des semences de l'élite n° 1, et par 1 ou 2 hectares, semés avec l'élite n° 2. Les cultures de 2e et 3e générations sont, bien entendu, soumises à l'épuration.

Chez les agriculteurs qui se livrent à la production contrôlée des semences pédigrées, le douzième de la surface est obligatoirement semé en bandes, larges de 1m 50 au plus, séparées par des sentiers de 0m 60, et parfaitement épurées. La récolte est utilisée comme semence sur le domaine, en culture normale; celle-ci, visitée par les agents du Service Botanique en même temps que la culture en bandes, est vendue comme semences. Une prime de l'Etat, de 10 à 15 francs par quintal sur les lots vendus comme semences, sert à indemniser le producteur des frais spéciaux qu'entraîne la culture d'épuration.

Ce système, accepté sans difficulté par les agriculteurs, fonctionne

depuis 1924 et paraît donner satisfaction. Il permet au Service Botanique de se désintéresser de la production des variétés adoptées par la grande culture et de consacrer tous ses efforts à la recherche de variétés nouvelles plus productives.

10. Amélioration des Blés durs

L'amélioration du Blé dur, la première entreprise, fut réalisée par étapes successives : reconnaissance et séparation des types botaniques constituant les Blés indigènes; introduction de Blés étrangers et séparation des types purs; essais comparatifs des lignées paraissant intéressantes, tant au Service Botanique que dans les diverses régions du pays; création de nouvelles variétés par le croisement.

a) *Sélection des variétés indigènes.* — De nombreuses herborisations dans les cultures de Blé nous ont mis en possession d'un grand nombre de formes différant les unes des autres par des caractères morphologiques, autres que ceux qui servent à dénommer les variétés agricoles (pubescence ou glabrescence des épis, structure de la paille, couleur et forme du grain, etc...), et par des caractères physiologiques impossibles à reconnaître dans un mélange (précocité, résistance aux intempéries et aux parasites, productivité, etc...).

Dès le début du travail, en 1906, la méthode suivie fut celle de la sélection généalogique (pédigrée), appliquée depuis longtemps par les DE VILMORIN, et mise en honneur par les travaux du laboratoire de SVALÖF.

Des milliers de lignées pures furent ainsi isolées et cultivées comparativement dans le champ d'expérience, où une première élimination fit disparaître les formes présentant des défauts d'importance primordiale : résistance insuffisante à la verse, à la rouille, à l'échaudage, manque de précocité, grain de mauvaise qualité, etc...

b) *Introduction et sélection de variétés étrangères.* — Ce travail fut mené parallèlement au précédent et d'après les mêmes méthodes. Il ne nous a mis en possession d'aucune lignée vraiment différente et meilleure que celles qui provenaient des variétés locales. Cette constatation s'explique facilement; les fréquentes importations de Blé dur en Tunisie, lors des années de disette, ont introduit dans la Régence des variétés étrangères dont les types adaptés au milieu ont persisté; d'autre part, le Nord de l'Afrique serait l'un des centres géographiques secondaires de diversité des Blés durs; on y trouve beaucoup de variétés et de caractères variétaux.

Il est toutefois à signaler que certaines formes étrangères, si elles

n'ont pas acquis droit de cité en grande culture, paraissent intéressantes comme géniteurs en raison de leur précocité ou de la forme de leurs épis : tels le *Koundouze*, venu des Dardanelles et dont nous avons trouvé des représentants épars dans les cultures tunisiennes sous le nom de *Derbessi*, et le *Sindyouk*, qui nous vient de la collection de Vilmorin, qui sont tous les deux précoces, à épi carré, à paille courte mais peu solide, et sujets à l'échaudage; quelques autres variétés, récemment reçues d'Asie Mineure et de Chypre, seront peut-être intéressantes pour le Centre et le Sud.

Le *Huguenot*, introduit d'Australie, où il a été obtenu par sélection de formes sans barbes dans le *Médéa* (originaire du Nord de l'Afrique), s'est montré un hybride naturel de Blé dur et de Blé tendre et la disjonction s'y est manifestée à un tel degré que nous en avons obtenu un millier de formes différentes. Nous espérions que cette introduction nous doterait de Blés durs sans barbes, mais il n'a pas été possible d'arriver à des lignées définitivement stables.

Des introductions récentes de Blés durs de l'Abyssinie et de l'Ethiopie n'ont pas fourni d'acquisitions susceptibles d'être cultivées telles quelles, mais ont été utilisées comme géniteurs, en raison de leur précocité.

c) *Hybridations.* — L'amélioration résultant de la culture de variétés pures bien adaptées aux divers sols et climats est importante, mais sa limite est assez vite atteinte. Pour obtenir de nouveaux progrès, il est nécessaire, par l'hybridation, de constituer des types végétaux réunissant certaines qualités que la nature a réparties chez diverses variétés.

Nos Blés durs tunisiens présentent des imperfections qui sont communes à tous : développement végétatif, surtout foliacé, exagéré et précocité insuffisante, qui entraînent de gros risques d'échaudage lorsque les vents chauds surviennent pendant la période de maturation. Il conviendrait donc de réduire la hauteur de la tige et le feuillage, tout en augmentant la solidité de la paille, et de donner de la précocité. L'emploi de la moissonneuse-batteuse, qui se généralise rapidement, s'accommoderait bien de la réduction de la paille et aussi de la suppression des barbes, qui provoquent le bourrage des grilles.

L'augmentation très rapide de la fertilité du sol, obtenue par des travaux préparatoires judicieux et incessants, entraîne également l'obligation de « fabriquer » des variétés à gros rendements, pouvant utiliser cette fertilité au maximum. Il existe actuellement des fermes, dans des régions à 400^{mm} de pluie annuelle, où l'on retarde intentionnellement les semailles jusqu'en décembre, par crainte de la verse. En 1925, des rendements de 30 quintaux à l'hectare ont été atteints

sur des parcelles de 100 hectares, celui de 37 quintaux a été obtenu sur 10 hectares, malgré une forte verse entraînant de la perte à la récolte, et celui de 40 quintaux sur des parcelles d'expérience de 1/2 hectare.

Le premier objectif du Service Botanique a été l'adaptation aux diverses régions du pays de variétés locales représentées par des lignées pures. Le second est de les remplacer par des variétés nouvelles, issues de croisements, pouvant atteindre, sans verse, des rendements plus élevés, sans que les autres qualités de rusticité en soient diminuées.

Ces desiderata sont difficiles à réaliser pour la raison, donnée plus haut, que nous sommes en plein centre géographique de diversité des Blés durs. La nature a déjà produit, spontanément, la plupart des croisements que l'on peut envisager, car l'on sait maintenant que les croisements naturels ne sont pas rares chez les Blés, dans les régions chaudes, bien que l'espèce soit autogame.

Il n'y a guère de chances de trouver des nouveautés intéressantes en croisant les variétés du pays entre elles. Nos premiers croisements ont fait intervenir, comme géniteur étranger, le *Huguenot* mutique, alors que nous ignorions sa nature hybride (*T. durum* × *T. vulgare*); puis avec de nombreux Blés durs mutiques issus de la disjonction du *Huguenot*; il n'en est pas résulté d'acquisitions vraiment intéressantes, car les lignées ont continué à se disjoindre et sont presque toutes sensibles à la rouille noire (*Puccinia graminis*).

Une autre série de croisements a été tentée entre les variétés locales et le *Derbessi* (synonyme *Koundouze*), le *Sindyouk* et le *Mavrogani*, qui sont plus précoces, à paille plus courte, mais malheureusement peu solide, à épillets très fructifères, ce qui donne des épis aplatis parallèlement aux épillets ou carrés. Il en est résulté un petit nombre de types intéressants, donnant quelque espoir d'augmentation de la fertilité des épillets, mais sans réduction de l'appareil végétatif ni amélioration de la précocité.

De nouveaux croisements, avec des Blés durs précoces reçus de l'Asie Mineure et de Chypre, ont été récemment effectués; il n'est pas encore possible de se rendre compte des résultats.

Si l'hybridation entre espèces de Blés n'appartenant pas au même groupe et n'ayant pas le même nombre de chromosomes (par exemple Blé dur × Blé tendre) ne peut être envisagée comme méthode courante d'amélioration, parce qu'elle n'aboutit pas à la production de lignées stables, il n'en est pas de même de l'hybridation entre espèces du même groupe, ayant même garniture chromosomique. Le groupe du Blé dur comprend, outre cette espèce, *Triticum turgidum*, *T. pyramidale*, *T. persicum*, *T. orientale*, *T. dicoccum*.

Le *T. pyramidale*, séparé du *T. durum* par Percival, se distingue du Blé dur par sa paille courte et raide, son grain plus court, sa précocité. La forme de son grain le rapproche du Blé Poulard (*T. turgidum*); il est d'ailleurs sujet comme ce dernier au mitadinage. Il est originaire d'Egypte.

Ce Blé a servi de géniteur dans des hybridations avec nos principaux Blés durs; il a donné des types fort intéressants, à beaux épis, à paille courte, précoces. Une amélioration très notable du Blé dur paraissait pouvoir être escomptée, lorsque le développement intense de la rouille jaune, au printemps 1930, a atteint presque toutes les lignées, au point de nous obliger à les abandonner, sauf quelques-unes encore à l'étude. Pour la même raison, les formes pures du *T pyramidale*, qui étaient en multiplication, n'ont pu être propagées.

Le *T. persicum* est une espèce créée par Vavilov pour des Blés ressemblant au Blé tendre comme aspect de l'appareil végétatif, tout en ayant les grains cornés du Blé dur et le même nombre de chromosomes. Il a malheureusement une paille fine, haute, des épis longs, lourds, et il verse facilement. Hybridé avec nos Blés durs, il a donné des produits moins intéressants que ceux issus de *T. pyramidale* et qui ont également rouillé en 1930.

Cette sensibilité à la rouille des hybrides d'espèces d'un même groupe de Blé rappelle celle que nous avons constatée dans le cas d'hybrides entre espèces de Blés de groupes différents (Blé dur × Blé tendre). Elle paraît être un obstacle, peut-être un empêchement complet, à l'amélioration du Blé dur par hybridation avec d'autres espèces; elle nous incite à diriger nos efforts dans la recherche de véritables Blés durs précoces à employer comme géniteurs.

D'autres hybridations, avec *T. turgidum*, sont toutefois à l'étude.

Il semble que l'amélioration des Blés durs par la voie du croisement soit une tâche beaucoup plus ingrate que l'amélioration des Blés tendres, en raison de leur moindre diversité, conséquence de leur aire géographique beaucoup moins étendue. L'augmentation de la précocité risque d'accroître le mitadinage si les variétés précoces ne sont pas cantonnées dans les régions arides, où elles peuvent mûrir par temps sec.

11. Amélioration des Blés tendres

Le problème de l'amélioration des Blés tendres se présentait tout autrement que celui de l'amélioration des Blés durs, puisqu'il ne fallait pas compter sur des variétés faisant déjà l'objet de cultures locales et que la première question à résoudre était l'acclimatement de variétés étrangères.

a) *Formes locales.* — Nous avons dit qu'il existe dans les cultures indigènes de Blés durs des représentants du *T. vulgare*, considérés comme impuretés. Nous avons recueilli un certain nombre de types de ces Blés au cours de nos investigations; ils sont presque tous à glumes blanches glabres, barbes blanches et grains roux (var. *erythrospermum* Körn.), quelques-uns sont à barbes noires (var. *nigro-aristatum* Flaksb.) et nous avons retrouvé quelques types à glumes pubescentes noires sur fond blanc, barbes noires et grains blancs (var. *mesopotamicum* Vavil.).

Chez ces Blés tendres, le grain est ordinairement durci, glacé sur une épaisseur plus ou moins grande, ce qui le déprécie aux yeux des minotiers et faisait penser aux agriculteurs que les Blés tendres ne pouvaient pas être cultivés en Tunisie sans prendre cette contexture du grain. L'expérience a prouvé le contraire.

Quelques essais de culture de lignées isolées dans ces formes locales ne nous ont pas donné de résultats intéressants comme rendement et nous les avons abandonnées. Nous regrettons cette décision trop hâtive, car il se trouvait parmi elles quelques types à paille très rigide, qui nous seraient maintenant utiles pour des croisements; une nouvelle étude de ces formes locales doit être entreprise.

Peu soucieux, à l'époque où nous avons recueilli ces Blés, des questions de classification, nous les avons abandonnés sans les étudier suffisamment et nous constatons maintenant que cette lacune mérite d'être comblée, tant au point de vue systématique que pour nous procurer des matériaux de croisement.

b) *Introduction, acclimatement et sélection des variétés étrangères.* — Nous avons dit que la plupart des agriculteurs européens établis comme colons avaient eu la curiosité d'essayer la culture des variétés de leur pays d'origine. Ces essais ont tous échoué, parfois après un premier succès relatif, lorsqu'un printemps exceptionnellement frais permettait une bonne maturation. Nous avons repris systématiquement l'essai des variétés françaises et des variétés italiennes, y compris les obtentions remarquables des Professeurs Strampelli et Todaro; beaucoup sont trop tardives; celles qui ont une précocité suffisante restent déplorablement sujettes à l'échaudage et à l'égrenage, deux graves défauts qui marchent généralement de pair.

Une variété venue d'Algérie, le *Blé de Mahon*, à glumes blanches, glabres, barbes blanches et grain blanc, a, par contre, conquis rapidement droit de cité et se cultive maintenant sur des dizaines de milliers d'hectares. Elle est très vigoureuse, de précocité moyenne (elle est mûre huit jours avant les Blés durs), possède un fort beau grain légèrement glacé. Son seul défaut est de ne pas résister à la verse, ce

qui empêche radicalement sa culture dans les terres fraîches du Nord, où la colonisation est le plus développée.

Quelques lignées, sélectionnées au Service Botanique dans cette variété, se sont rapidement multipliées, mais ne sont pas encore suffisamment résistantes à la verse. Les grands vents qui soufflent parfois en mai, lorsque le Blé est mûr, provoquent de l'égrenage en entrechoquant les épis; les dommages causés de ce fait ont été particulièrement sérieux en 1926.

Une variété sans barbes, complètement mutique, à glumes glabres blanches et grains blancs, la *Richelle* 110, a été obtenue au Service Botanique par la sélection d'impuretés contenues dans un échantillon de *Tuzelle Allora*, Blé à épi roux mutique, d'Australie. Elle est plus précoce (environ 10 jours) que le *Blé de Mahon*, elle craint un peu moins la verse, possède un feuillage très réduit, résiste parfaitement à l'égrenage et très bien à la rouille. Son grain est petit, très blanc, à haut rendement en farine, très apprécié des minotiers. Malheureusement, ce Blé craint beaucoup le froid, cependant relatif, de nos hivers et l'humidité, qui réduisent le tallage et provoquent la coulure des fleurs. C'est un Blé de coteaux secs ou de plaines à sol s'égouttant très bien. Il a été cultivé sur des milliers d'hectares et a permis l'extension de la culture du Blé tendre vers le Centre de la Tunisie, où sa réussite est souvent plus certaine que celle des Blés durs. Il est un peu en régression dans le Nord.

Un autre Blé tendre, blanc mutique, le *Baroota* 52, sélectionné dans une provenance d'Australie, s'est répandu rapidement. De précocité intermédiaire entre le *Blé de Mahon* et la *Richelle*, ne craignant pas le froid comme cette dernière, il donne de bons résultats, mais il est sensible à l'égrenage et ne convient pas aux situations exposées aux vents.

Deux introductions plus récentes : le *Florence* originaire d'Australie et l'*Irakié* de l'Irak, sont actuellement admis en grande culture par les agriculteurs. Ils sont plus précoces encore que la Richelle (maturation fin avril en 1926).

Notre préoccupation dans le choix des Blés tendres introduits a été surtout de trouver des variétés précoces, afin qu'elles aient plus de chances d'échapper à la sécheresse printanière et pour que leur récolte précède celle des Blés durs. Il est en effet indispensable, dans les grandes exploitations européennes, où la culture de l'Orge est presque toujours de peu d'importance et où celle de l'Avoine est en régression, de remplacer ces deux céréales précoces par des Blés se récoltant à la même époque, afin d'étager les travaux de moisson.

La principale difficulté que nous ayons rencontrée est de trouver des variétés de Blé tendre précoces résistantes à la rouille. Il semble

qu'il y ait une véritable corrélation, chez les nombreuses variétés que nous avons essayées, entre la précocité et la réceptivité pour la rouille jaune (*Puccinia glumarum*). Beaucoup de variétés données comme très résistantes dans leurs pays d'origine ont été très éprouvées et parfois complètement détruites par la rouille dans nos cultures. C'est ce qui explique qu'il ne nous soit resté qu'un très petit nombre des nombreuses variétés introduites.

Parmi les Blés étrangers encore à l'étude, quelques formes sont intéressantes et représentent peut-être des acquisitions de valeur pour un avenir prochain.

c) *Hybridations.* — En décrivant sommairement les variétés de Blé tendre acclimatées en Tunisie, nous avons signalé leurs défauts : résistance insuffisante à la verse pour toutes, tendance à la coulure ou à l'égrenage pour certaines; ces particularités font que la culture du Blé tendre s'est surtout développée dans les régions à pluviométrie moyenne ou faible et que nous n'avons pas encore de variété tout à fait adaptée aux plaines fertiles du Nord. Il est assez curieux de remarquer que cette dernière situation est cependant celle qui se rapproche le plus, pour les conditions offertes à la culture du Blé, de l'Europe méridionale, et notre insuccès dans l'acclimatement des variétés de ces régions n'a pas été sans nous surprendre. Il semble tenir à la brusquerie avec laquelle l'été torride succède ici à un printemps parfois humide, ce qui détermine l'échaudage.

A défaut d'une heureuse introduction que nous n'osons plus guère espérer, il nous a fallu chercher à produire, par le croisement, les formes de Blé tendre adéquates au Nord de la Tunisie.

Ce problème ne pouvait être abordé avec quelques chances de succès que lorsque nous serions en possession de variétés bien acclimatées; sa solution a été retardée également par l'insuffisance de moyens matériels (personnel, locaux, etc.). Ce n'est guère que depuis 1923 que l'outillage du Service Botanique est devenu suffisant pour permettre des travaux importants de croisement. C'est dire que peu de lignées issues de croisement sont passées en grande culture. Nous sommes en possession d'un matériel très important de géniteurs et d'hybrides de diverses générations qui permettent dès à présent l'espoir de résoudre prochainement les problèmes qui se sont imposés à nos recherches.

Un certain nombre d'hybrides de Blé tendre nous ont été envoyés par M. Schribaux. Nous les avons soumis à la culture pédigrée pour séparer les nombreuses formes qu'ils renfermaient; quelques-unes d'entre elles, un *Florence* × *Aurore* et plusieurs *Pusa* × *Florence*, issues de croisements dans lesquels entrait un géniteur acclimaté en Tunisie, sont très intéressantes et livrées à la grande culture.

Ces Blés sont remarquables par leur précocité et leur haute valeur boulangère, qui les range parmi les *Blés de force*. Leur productivité est analogue à celle du *Florence*. Ils ont encore deux défauts : résistance insuffisante à la verse et susceptibilité assez grande à la rouille jaune.

Nous avons réalisé nous-même, depuis 1926, de nombreux croisements de variétés devenues tunisiennes avec des géniteurs étrangers, particulièrement avec les Blés de Strampelli, qui possèdent précisément les caractères : paille courte, rigide, épis très fructifères, et résistance à la rouille, que nous recherchons. Les produits présentent un certain nombre de types fort intéressants; joignant aux qualités de végétation réduite des Blés italiens la dureté des glumes qui empêche l'échaudage et l'égrenage, beaucoup de croisés paraissent répondre à nos desiderata. C'est surtout l'intervention de la *Richelle*, du *Florence*, de l'*Irakié* et des variétés du *T. sphoerococcum* Perc. qui paraît apporter ces deux dernières qualités indispensables aux Blés tendres à cultiver en Tunisie.

Parmi ces dernières obtentions, encore à l'étude, se révèlent également de remarquables Blés de force. Les uns sont très précoces, d'autres ont une période de végétation à peu près égale à celles du *Baroota* et de la *Richelle*.

12. Adaptation régionale

Les cultures d'expériences faites sur le domaine du Service Botanique, près de Tunis, donnent une idée des conditions de milieu qui conviennent aux lignées de Blés et limitent les régions dans lesquelles il convient de les essayer; ainsi une variété insuffisamment résistante à la verse ou à la rouille ne sera pas à essayer dans les parties Nord de la Régence relativement humides. Il n'en est pas moins nécessaire de procéder à des essais comparatifs des lignées dans les diverses régions naturelles du pays, car les différences de climat et de sol sont très marquées dans des stations parfois peu éloignées les unes des autres. Dès 1910, quinze champs d'essais furent installés avec la collaboration bénévole, généreusement offerte, des agriculteurs. La sélection était encore peu avancée; il fallut mettre en comparaison une cinquantaine de lignées dans chaque région; pendant les années suivantes, on élimina peu à peu les formes qui rendaient le moins, pour ne garder en définitive qu'une ou deux lignées par région. Plusieurs d'entre elles sont encore actuellement cultivées, et il paraît difficile d'attendre beaucoup mieux de la sélection. Actuellement, les variétés nouvelles sont expérimentées chez tous les agriculteurs qui le désirent, en les semant comparativement avec la meil-

leure formé déjà en culture. Des feuilles d'observations remplies par les producteurs permettent de constituer, pour chaque variété, un dossier qui fournit les éléments nécessaires pour en apprécier les qualités et les exigences et en conseiller la culture dans les régions où elle a le plus de chances de réussir.

Les variétés de Blés ainsi obtenues par sélection des formes locales et des variétés introduites sont adoptées par la grande majorité des agriculteurs européens. Nous avons dit plus haut comment a été organisé le contrôle de la production et de la vente des semences pour en maintenir la pureté.

L'obtention de nombreuses formes croisées et hybrides, destinées à remplacer les variétés obtenues par sélection, nous a obligé à reprendre l'étude de l'adaptation régionale par la création de champs d'essais répartis dans tout le pays. Une quinzaine de ces champs ont été établis à partir des semailles 1929. Il n'est pas douteux qu'ils aboutiront, comme ceux créés en 1910, à une élimination rapide de tous les Blés n'ayant pas une valeur culturale satisfaisante, et qu'ils permettront l'adoption, dans chaque région, d'un petit nombre de variétés nouvelles appropriées aux diverses conditions de sol et de climat.

En résumé, pour les Blés durs, la sélection des formes locales semble avoir à peu près épuisé les améliorations qu'on doit en attendre; le croisement permettra probablement d'augmenter la précocité et de diminuer l'appareil végétatif; il reste à trouver des formes plus résistantes à la verse; pour le Blé tendre, l'acclimatement de variétés étrangères et leur sélection ont doté le pays de formes qui conviennent bien aux régions à pluviométrie moyenne et faible; le croisement permet d'espérer l'obtention prochaine de variétés adaptées à toutes les régions, résistantes à la verse et de haute valeur boulangère.

La collaboration très suivie apportée par les agriculteurs au Service Botanique a permis l'étude de l'adaptation des variétés aux diverses régions naturelles du pays et le contrôle efficace de la production des semences des variétés de Blés obtenues par culture pédigrée.

13. **Avantages de la culture des variétés pures**

Pour que les progrès réalisés dans l'amélioration des Blés prennent toute leur importance économique, il est nécessaire que les agriculteurs adoptent les variétés reconnues les meilleures et les cultivent en leur conservant une pureté suffisante.

Nous avons dit plus haut que l'un des plus grands progrès réalisés, depuis le début du siècle, dans la culture des céréales, dans tous les pays, résulte de la substitution de variétés pures (lignées) aux mélan-

ges de formes végétales qui constituaient les anciennes variétés agricoles.

Les avantages de la culture des variétés pures sont multiples; on peut les résumer comme suit :

a) *Sous le rapport du rendement. — Chaque variété pure possède une certaine productivité qui lui est propre.* Même si l'on réalise pour chacune d'elles les conditions de développement les plus favorables, il en est qui donnent de hauts rendements, d'autres qui en sont incapables. La correction des défauts des variétés locales, par la méthode du croisement, a permis partout une augmentation de rendement indépendante des méthodes de culture du sol et de l'emploi des engrais. Les productions maxima de 50 à 60 quintaux, signalées dans divers pays, ne sont pas possibles avec les variétés indigènes telles qu'elles existent dans la nature. A mesure que s'accroît la fertilité du sol, sous l'influence des façons culturales et des engrais, il devient nécessaire de perfectionner les variétés cultivées pour utiliser complètement cette fertilité; ces deux facteurs du progrès de la production végétale doivent évoluer parallèlement. *On ne peut résoudre cette adaptation de la plante à la meilleure utilisation du sol que par la culture de variétés pures.*

Les différents Blés ont des exigences très différentes au point de vue de la température et de l'eau; nous avons vu que les *Agilis*, à épis étroits, supportent le climat des régions sfaxiennes, que l'*Hamira* convient au Centre, le *Sbéi* aux régions les plus humides, que le *Baroota* résiste à peu près à la verse dans les régions fraîches, etc. Chaque Blé possède, en quelque sorte, un tempérament bien défini.

Un des facteurs essentiels du rendement est le choix judicieux de la variété la mieux adaptée au milieu local, ce qui n'est possible que pour des variétés pures, chacune ayant des exigences particulières.

La résistance aux rouilles, à la verse, à l'échaudage, à l'égrenage est également très différente suivant les lignées pures, même quand elles sont assez semblables pour être rangées sous le même nom de variété. C'est ainsi que le *Sbéi* 292 est plus résistant à la verse que les autres *Sbéis;* que la *Richelle* 110 est beaucoup plus résistante à la rouille jaune que d'autres Blés tendres sans barbes à épi et grain blanc, qui s'en distinguent difficilement.

Pour lutter contre les rouilles (qui ne sont justiciables d'aucun traitement) *et contre les accidents dûs à des causes météorologiques, il n'existe actuellement pas d'autre méthode que de cultiver des variétés pures présentant une grande résistance.*

Au point de vue des facteurs du rendement, qu'il s'agisse de productivité, d'adaptation au milieu ou de résistance aux maladies et

intempéries, les qualités que nous recherchons chez une variété de Blé lui appartiennent en propre et ne sont pas forcément communes à beaucoup de variétés. Il en résulte *la nécessité de cultiver des variétés pures, bien définies, et non des mélanges.*

On oppose parfois à cette conclusion l'objection que la culture des mélanges répartit mieux les risques, une variété pure, même bien adaptée, pouvant souffrir beaucoup, certaines années, d'une circonstance qui lui est défavorable. C'est jouer sur les mots et ne pas vouloir comprendre. La variété pure la mieux adaptée est celle qui donne le meilleur rendement, non pas chaque année, mais sur une moyenne d'au moins cinq ans; les autres variétés, moins bien adaptées, sont celles qui ont, dans la même période, un rendement moyen moindre. Leur mélange à la première ne peut que donner une production moyenne plus faible.

Il est d'ailleurs nécessaire, pour des raisons culturales (échelonnement des semailles et des moissons), de cultiver, sur un même domaine, deux ou trois variétés de Blé de précocité différente et on arrive ainsi, tout en faisant des cultures pures, à ne pas jouer toutes ses chances sur une seule variété.

Les proportions des constituants d'un mélange varient d'ailleurs à chaque récolte et l'on sème, chaque année, le mélange qui aurait été le plus avantageux l'année précédente.

La culture des Blés mélangés, naturellement ou intentionnellement, ne présente aucun avantage certain, mais offre des inconvénients indéniables, au point de vue du rendement.

b) *Sous le rapport de l'utilisation et de la vente.* — Il en est de même sous le rapport des qualités industrielles du grain, qui représentent, de plus en plus, un élément d'appréciation et un facteur du prix de vente. Les Blés durs, transformés par l'industrie en pâtes et semoule, doivent, pour être recherchés des acheteurs, présenter des grains de couleur claire, à écorce mince, à texture cornée, translucides. Les grains ambré foncé, ou roux, sont dépréciés.

Il existe, parmi les Blés durs tunisiens, des variétés qui remplissent au mieux ces desiderata : *Biskri* Ac^2 et *Hamira* Ac^5; d'autres sont encore de très bonne qualité : *Sbéi* 7 et 292, *Mahmoudi* Ap^3 et Ap^4; certaines, qui ont été cultivées, ont dû être abandonnées, malgré leur bon rendement, pour qualité insuffisante, tels le *Souri* Rp^5 et l'*Agili* 171, tous deux à grain roux.

Nous étudierons, dans un deuxième volume, la valeur boulangère des Blés tendres; nous pouvons dire, dès maintenant, que cette aptitude à une bonne panification varie dans de larges proportions suivant les variétés, que certaines d'entre elles ne peuvent se panifier

convenablement qu'en leur ajoutant la farine d'autres variétés dites Blés de force. Nous avons d'ailleurs donné, pour les variétés pures décrites précédemment, les nombres qui expriment cette valeur boulangère.

L'étude, faite au Service Botanique, de la valeur boulangère des Blés tendres tunisiens a montré :

que certaines, comme les *Mahon* 73 et 124, la *Richelle* 110, sont analogues aux variétés courantes de France et demandent à être mélangées à des Blés de force achetés à l'étranger;

que le *Baroota* 52 et le *Florence* 135 sont susceptibles d'être panifiés sans addition;

que l'*Irakié* 231 est un Blé de force, à ne pas panifier seul, parce que sa pâte est grise et un peu courte, mais qu'il vaut le *Manitoba* comme améliorant de certains Blés français;

que le *Blé Cailloux* (*Florence* × *Aurore* 588) est aussi un bon Blé de force, donnant, s'il est employé seul, un pain supérieur à celui de *Manitoba;*

que divers hybrides, les *Pusa* × *Florence*, mis en grande culture en 1931, et d'autres, encore en multiplication, sont aussi de très bons Blés de force.

Ces différences, extrêmement importantes, entre les valeurs industrielles des Blés constituent un nouvel argument, absolument décisif, pour faire admettre la nécessité de cultiver des variétés pures et condamner les cultures mélangées.

La vente des Blés est devenue difficile parce que la production mondiale excède la consommation; nos Blés tunisiens ont perdu tout intérêt comme Blés de soudure pour la Métropole, parce que de gros exportateurs (Australie, Argentine) se sont révélés dans l'hémisphère Sud, où la moisson a lieu en hiver, et parce que de gros stocks approvisionnent le marché en tout temps.

Il est indispensable que le Nord de l'Afrique se spécialise dans la production des Blés de force que la France demande chaque année à l'étranger, même lorsque sa propre production égale ou dépasse ses besoins.

Ces Blés existent, il faut les cultiver à l'état de pureté; en constituer des lots importants, homogènes et prendre les dispositions nécessaires pour qu'ils parviennent, sans mélange, aux acheteurs métropolitains.

III. MORPHOLOGIE ET PHYSIOLOGIE

A. Développement normal du Blé :

1. Périodes critiques. — 2. Germination. — 3. Tallage. — 4. Développement des tiges feuillées. — 5. Formation des épis. Epiage. — 6. Floraison. Fécondation. — 7. Développement du grain. Maturation. — 8. Développement général du Blé (variation du poids sec). — 9. Besoins du Blé en eau. — 10. Besoins du Blé en aliments minéraux.

B. Accidents pendant la végétation du Blé :

11. Verse. — 12. Gel. — 13. Avortement des épillets. — 14. Echaudage. — 15. Mitadinage. — 16. Egrenage.

Pour se rendre compte de l'influence des facteurs physico-chimiques sur le développement du Blé et de l'appropriation des diverses régions de la Régence à cette culture, il est nécessaire : 1° d'exposer brièvement les diverses périodes de la végétation de cette céréale et les besoins de la plante correspondant à chacune d'elles; 2° de connaître les accidents auxquels la végétation est exposée du fait des variations extrêmes des facteurs du climat.

A. DÉVELOPPEMENT NORMAL DU BLÉ

Ne saurait entrer dans le cadre de cet ouvrage un exposé complet du développement du Blé au point de vue morphologique, anatomique et physiologique. Nous nous bornerons à mettre en relief les phases qui ont une répercussion marquée sur le rendement et qui constituent, pour cette raison d'ordre purement économique, autant de *périodes critiques* dans la végétation du Blé. De leur connaissance découleront :

l'explication de l'influence des éléments physico-chimiques du milieu naturel;

les directives à donner aux méthodes culturales étudiées plus loin, en vue d'accroître le rendement.

1. Périodes critiques

Le rendement R d'une culture de Blé n'est autre chose que le produit du poids moyen P du grain d'un épi par le nombre N des épis à l'unité de surface :

$$R = N P$$

Parmi les grains semés, sur un mètre carré par exemple, tous ne germent pas; la *germination* constitue la première période critique, parce qu'elle détermine le *nombre de pieds* de Blé.

Chaque pied donne plusieurs tiges, dont l'apparition plus ou moins rapide constitue le phénomène du *tallage* et s'accompagne de l'émission d'un nombre correspondant de racines adventives; c'est la deuxième période critique, de laquelle dépend le *nombre de tiges* au mètre carré.

La formation des épis commence de très bonne heure au sommet végétatif de chaque tige; diverses circonstances arrêtent le développement d'un certain nombre de talles; aussi, la sortie des épis, *épiage* ou *épiaison*, est-elle souvent considérée comme la principale période critique (la 3e), parce qu'elle règle le *nombre des épis*, leur longueur et le *nombre des épillets* susceptibles de fleurir et de fructifier.

La valeur de N, nombre d'épis à l'unité de surface, dépend donc de la germination, du tallage et de l'épiage.

Le poids moyen P du grain dans un épi a pour facteurs le nombre de grains par épi et le poids individuel moyen des grains.

Le nombre d'épillets fertiles constitués dans le jeune épi au moment de l'épiage ne suffit pas, comme dans l'Orge, à déterminer le nombre de grains par épi. Dans le Blé, chaque épillet porte un nombre variable de fleurs, 3 à 9, dépendant à la fois de la variété et des conditions dans lesquelles s'est formé l'épi. Ces fleurs ne sont jamais toutes fécondées et le *nombre de grains par épillet* va de 2 jusqu'à 7, maximum que nous ayons pu constater.

La floraison, ou plutôt la *fécondation*, constitue la quatrième époque critique, concourant, avec l'épiage, à déterminer le *nombre des grains par épi*.

La dernière période du développement est la *maturation*, pendant laquelle les réserves élaborées dans les organes verts et réparties dans toute la plante s'accumulent dans les grains, dont ils assurent le grossissement. Sous les climats tempérés humides, la maturation s'effectue presque toujours normalement. Dans les contrées arides, sujettes aux sécheresses printanières et exposées à l'action de vents chauds, la maturation peut être brusquée par l'échaudage et le *poids individuel des grains* dépend dans une très large mesure des conditions météorologiques réalisées pendant cette période, qui devient

ainsi une cinquième période critique, souvent la plus dangereuse en Tunisie.

Chacun des facteurs du rendement qui s'expriment par un nombre d'organes de la plante se détermine à une phase bien précise du développement, parfois de très courte durée, et correspond ainsi à l'une des quatre premières périodes critiques. Quant à la maturation, qui conditionne le poids des grains et leur qualité, elle dure plusieurs semaines, si elle n'est pas abrégée par une dessiccation accidentelle des plantes.

On peut schématiser ainsi les relations existant entre les diverses périodes critiques de végétation et le rendement :

Périodes critiques de végétation	Facteurs du rendement qui en dépendent		
Germination.....	Nombre de pieds.	Facteurs de N (Nombre d'épis à l'unité de surface)	Rendement = N × P
Tallage.....	Nombre de tiges par pied.		
Epiage.....	Nombre d'épis par pied.		
	Nombre d'épillets par épi.	Facteurs de P (Poids du grain par épi)	
Fécondation.....	Nombre de grains par épi.		
Maturation.....	Poids individuel et qualité des grains.		

Nous examinerons successivement chacune de ces phases du développement du Blé, en signalant les particularités qu'elles présentent sous le climat de la Régence et les points encore obscurs qu'il serait utile d'éclaircir par l'expérimentation.

2. Germination

Pour bien comprendre la naissance du jeune pied de Blé aux dépens de l'embryon et des réserves de la semence, il est indispensable de connaître, au moins sommairement, l'*organisation d'un grain de Blé* (v. pl. IV).

Le grain de Blé est un fruit à une seule graine. Cette dernière remplit tout le fruit et leurs *enveloppes* respectives (*T*) sont soudées entre elles. L'*embryon* est rejeté à la base de la face dorsale du grain. Les *réserves* constituent tout le reste de l'amande et comprennent une masse de cellules farineuses (*A*) contenant des grains d'*amidon* enchâssés dans une matière azotée ou *gluten* et une couche unique de cellules cubiques, cellules à aleurone (*Ca*) appliquées sous les enveloppes, avec lesquelles la mouture la détache pour constituer le son.

L'embryon applique contre les réserves une sorte de plaque ou bouclier, le *scutellum* (*S*), véritable organe de digestion de ces réserves pendant la germination. Son épiderme extérieur (*e*), tout à fait semblable à l'épithélium d'un tube digestif animal, sécrète alors des diastases qui vont solubiliser à distance la cellulose des membranes des cellules, l'amidon, le gluten et l'aleurone que contiennent ces dernières. Les aliments solubles ainsi préparés pénètrent dans l'embryon en traversant le scutellum, véritable suçoir chargé de nourrir la plantule aux dépens des réserves.

Le corps de l'embryon présente déjà, dans le grain, un degré d'organisation assez complexe. Une coupe longitudinale permet de distinguer, à la simple loupe :

A la partie inférieure : une racine primaire (*R*), enfermée dans une gaine, la coléorhize (*Cr*), qui la recouvre complètement;

A la partie supérieure : une gaine extérieure protectrice ou coléoptile (*Cp*), recouvrant l'ébauche de la première feuille (*F*) appelée à se développer normalement, à l'intérieur de laquelle se trouve l'ébauche (*F'*) de la deuxième feuille, entourant elle-même l'ébauche d'un bourgeon terminal (*B*). La coléoptile est aussi une feuille et on remarque à son aisselle, du côté du scutellum, l'ébauche d'un bourgeon (*B'*), qui ne prendra qu'un très faible développement.

Le scutellum et une petite écaille qui lui est opposée, l'épiblaste (*E*), doivent aussi être considérés comme des feuilles modifiées.

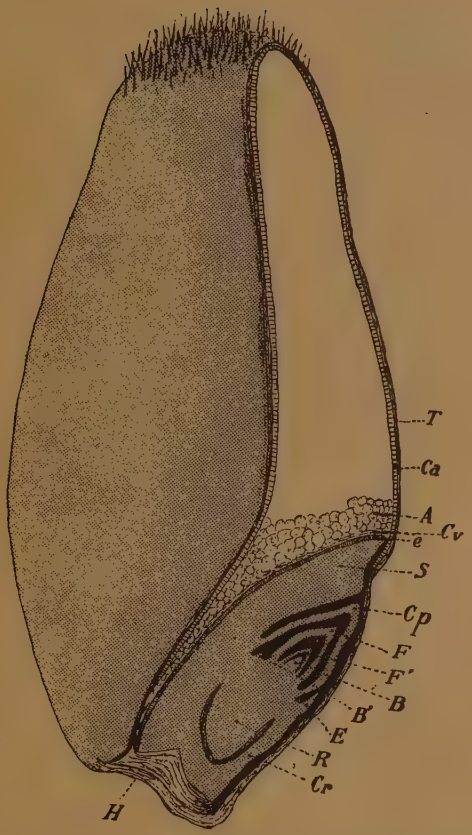
Les points d'insertion de tous ces organes foliaires sur l'axe, très court, qui réunit radicule et bourgeon terminal constituent autant de nœuds. Les entre-nœuds qui les séparent se développent différemment lors de la germination du grain.

La germination nécessite certaines *conditions d'humidité*, *de température* et *d'aération*.

Les grains de Blé placés dans un sol humide absorbent assez rapidement de l'eau; l'amidon, qui constitue la plus grande partie de leur masse, en étant très avide. Trempés dans de l'eau à 18-20°, les grains de Blé en absorbent 35 % de leur poids en une douzaine d'heures et la coléorhize apparaît environ vingt-quatre heures plus tard. La germination peut commencer dès que la proportion d'eau dans les semences atteint 30 % de leur poids, mais elle est peu active et dure longtemps. Dans un sol noyé, la germination reste incomplète et les semences pourrissent par suite du manque d'oxygène.

La température optimum est de 20-22°: la germination est d'autant plus lente que la température s'abaisse davantage au-dessous de ce point; elle devient très lente aux environs de 4°. Lorsque la température s'élève au-dessus de 22°, la germination devient irrégulière;

PLANCHE IV.



GRAIN DE BLÉ : COUPE SCHÉMATIQUE SUIVANT LE SILLON LONGITUDINAL.

T. Enveloppes du fruit et de la graine.
Ca. Cellules à aleurone.
A. — à amidon.
Cv. — vidées et aplaties.
S. Scutellum.
e. Epiderme extérieur du scutellum.
R. Racine primaire.
Cr. Coléorhize.
B. Bourgeon terminal
B'. — axillaire.
E. Epiblaste.
Cp. Coléoptile.
F. Ebauche de la 1re feuille.
F'. — de la 2e feuille.
H. Hile.

les embryons s'affaiblissent et sont facilement attaqués par les champignons et les bactéries. A la température de 30-35°, les réserves du grain, légèrement humidifiées, deviennent un milieu de culture très favorable au développement de ces organismes; il en résulte la pourriture des semences, avant que le germe ait commencé son évolution.

Geslin (1931) a montré que la durée de la germination est fonction de la température et de la profondeur du semis. La somme des températures (température moyenne × nombre de jours) nécessaire pour la levée est un nombre constant pour une profondeur donnée; il s'accroît avec la profondeur d'enfouissement du grain :

Profondeur du semis.....	0cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Somme des températures jusqu'à la levée.	40°6	76.9	91.9	108.4	113.1	121.7	129.5	136.6	143.3	149.5	155,3

En Tunisie, les conditions d'humidité et de température dans lesquelles sont effectuées les semailles de Blé sont très variables suivant l'époque d'exécution, la répartition des pluies, l'état d'ameublissement du sol.

La période normale des semailles va des derniers jours d'octobre à la fin de décembre.

Les premiers semis sont souvent faits en terre sèche, encore très chaude et, pour éviter qu'une petite pluie, suivie de sécheresse, ne détermine la levée, la semence est alors enfouie assez profondément (6 à 10cm). Nous verrons plus loin les inconvénients de cette pratique au point de vue du tallage. Si la terre est très sèche, le grain se conserve parfaitement dans le sol; si la semence trouve à sa disposition un peu d'humidité provenant, soit des couches plus profondes maintenues humides par une excellente préparation de la jachère, soit de pluies légères insuffisantes pour provoquer la germination, elle peut moisir ou pourrir sans germer. Cet accident a nécessité, certaines années à automne sec, le réensemencement de surfaces importantes, dans des exploitations où la préparation du sol est particulièrement soignée. Il se manifeste davantage dans les semis de Blés durs que dans ceux de Blés tendres, sans doute parce que ces derniers Blés sont moins fêlés au battage que les Blés durs et présentent moins de blessures constituant des portes ouvertes aux micro-organismes du sol. On constate aussi que, dès que la germination du grain a commencé, même si la sécheresse l'arrête ensuite, la pourriture ne se produit plus.

Un commencement de germination, suivi de dessiccation, n'est pas aussi dangereux que beaucoup d'agriculteurs le pensent. Même lorsque des racines de 2 à 3cm sont déjà sorties, le grain de Blé peut être desséché et reprendre sa germination lorsqu'on lui donne à nouveau de l'eau. Ces passages de la vie active à la vie ralentie, et inverse-

ment, peuvent même se produire plusieurs fois sans qu'il en résulte de sérieux dommages, et cette rusticité de la jeune plantule de Blé est une fort heureuse adaptation aux variations brusques de la teneur de nos terres en eau pendant l'époque des semailles.

Lorsque la semaille est effectuée de bonne heure, fin octobre ou commencement de novembre, la terre est encore très chaude; si les premières pluies, qui déterminent la germination, sont trop peu abondantes pour pénétrer profondément, le sol conserve, au-dessous de la zone mouillée, une température élevée qui se communique peu à peu jusqu'à la couche superficielle qui contient les semences. C'est une véritable germination sur couche chaude et il en résulte un développement très rapide des jeunes plantes de Blé, tant de la partie aérienne que du système radiculaire.

Il suffit d'une grosse pluie pénétrant profondément, de nuits claires, propices au rayonnement du sol, pour que celui-ci perde sa chaleur et pour que sa température baisse rapidement. Il en résulte que des semis effectués à quelques jours (8-10) d'intervalle se trouvent dans des conditions de température très différentes, se traduisant par un retard de plusieurs semaines dans le développement des plantules. Quant aux semences confiées au sol en décembre, si la fin de l'automne et le début de l'hiver sont froids, surtout s'il s'agit de régions d'altitude un peu élevée, elles germent très lentement et il peut s'écouler plusieurs semaines avant que les germes apparaissent au-dessus du sol. Les semailles précoces entraînent donc une avance plus ou moins considérable de la végétation, si la germination est favorisée par de légères pluies; elles donnent des cultures denses et sont presque toujours à préférer aux semailles tardives. Seules les variétés très précoces ne doivent pas être semées trop tôt, pour éviter une évolution trop rapide et un épiage anticipé.

Les terres riches, très bien préparées, exposant les cultures de Blé à la verse, doivent être réservées pour des semailles plus tardives, tant qu'on ne dispose pas de variétés suffisamment résistantes à la verse.

Les phénomènes morphologiques de la germination et du premier développement de la plantule de Blé jusqu'au tallage méritent d'être connus par le céréaliculteur, car ils éclairent certaines questions concernant le mode d'exécution des semis.

Dès que le grain semé a absorbé 30 à 35 % de son poids d'eau, le développement de l'embryon ne tarde pas à se manifester par l'allongement des deux extrémités qui font saillie à travers les enveloppes déchirées : la coléoptile apparaît, enfermant encore la première feuille; la coléorhize se laisse traverser, dès qu'elle atteint environ 1^{mm}, par la racine primaire, qui ne tarde pas à être accompagnée par une

première paire de racines latérales. Quand ces trois racines ont atteint environ 2^{cm}, il apparaît une deuxième paire de racines latérales, au-dessus des premières et dans le même plan. A ces cinq racines s'en ajoute parfois une sixième naissant perpendiculairement au plan qui contient les cinq premières (pl. V, fig. 1).

Une troisième paire de racines latérales se forme encore immédiatement au-dessus de la deuxième et toujours dans le même plan.

On admet que ces trois paires de racines latérales correspondent aux nœuds des trois feuilles séminales modifiées : scutellum, épiblaste, coléoptile, en les citant dans l'ordre d'apparition des racines.

Ce sont là les seules *racines normales* ou *séminales* que possède la plante de Blé; elles sont peu développées, ne sont utiles qu'à la première phase de croissance; bien qu'elles persistent jusqu'à la moisson, elles sont rapidement supplantées par des *racines adventives* dont nous indiquons plus loin le mode d'apparition.

Les racines séminales sont fines, ayant moins de 1^{mm} de diamètre; elles portent de nombreuses et très délicates radicelles. Leur longueur varie surtout suivant la profondeur du semis. Quand le grain est déposé près de la surface, elles pénètrent jusqu'à 30^{cm} et même davantage; quand le semis a été plus profond, elles s'accroissent peu, sans doute parce que la plus grande partie des réserves de la semence est employée à l'allongement de la pousse pour parvenir à la surface du sol.

L'*axe* de l'embryon avant la germination est très court. La partie située au-dessous de l'insertion du scutellum (*S*), ou hypocotyle, reste courte, la partie située au-dessus, ou épicotyle, formée de plusieurs entre-nœuds, seule se développe. Le premier entre-nœud placé au-dessous de la coléoptile reste court, le second s'allonge vers le haut pour pousser le bourgeon terminal vers la surface du sol. Si la profondeur du semis ne dépasse pas 7 à 8^{cm}, l'allongement du deuxième entre-nœud suffit généralement à réaliser ce déplacement; si la semence a été placée plus profondément, le troisième et même le quatrième entre-nœuds s'allongent à leur tour. Il se constitue ainsi une *tige souterraine ou rhizome* mince, ne dépassant pas 1^{mm} de diamètre comprenant 1, 2 ou 3 entre-nœuds suivant la profondeur du semis (pl. VI, les deux plantes à droite). La position souterraine de cette partie de la tige détermine l'avortement plus ou moins complet des feuilles qu'elle porte et des bourgeons placés à l'aisselle de ces feuilles. Le premier, situé à l'aisselle de la coléoptile, donne généralement une pousse rudimentaire.

Quand le semis est profond, l'allongement du rhizome utilise une partie importante des réserves de la graine, ayant pour conséquence un faible développement des racines séminales précédemment indi-

qué, et un véritable épuisement de la plantule qui affectera le tallage, comme on le verra plus loin.

Quand le bourgeon terminal a été ainsi amené à 2 à 3^{cm} au-dessous de la surface du sol, l'allongement du rhizome cesse, la première feuille vraie apparaît hors du sol, bientôt suivie d'une deuxième; on dit que le semis *lève*. La période de germination peut être considérée comme terminée, la plante ayant alors des organes d'absorption (racines) et d'assimilation (feuilles vertes) qui la rendent indépendante des réserves de la graine. Si la semence a été déposée près de la surface du sol, ces réserves peuvent n'avoir pas été complètement utilisées. On comprend pourquoi les grosses semences supportent d'être enfoncées plus profondément que les petites, pourquoi la profondeur du semis doit être aussi faible que le permet l'état d'humidité du terrain, pourquoi le semoir en lignes en déposant les grains à une profondeur régulière assure une meilleure levée que le semis sous charrue, qui enfouit trop profondément une proportion plus ou moins importante des semences.

Pendant que se produit l'allongement de l'axe, un bourgeon se développe à l'aisselle de chacune des vraies feuilles. L'axe primaire continue à s'accroître très lentement, pendant un temps plus ou moins long, suivant que les conditions sont favorables ou non à la végétation : quelques semaines si le temps est chaud, plusieurs mois dans les régions à automne et hiver froids où le développement est suspendu jusqu'au printemps.

3. Tallage

C'est alors que commence la deuxième phase du développement, appelée *tallage*. Elle est caractérisée par la ramification de la tige primaire et par la naissance des racines adventives qui forment le système radiculaire principal de la plante.

La ramification de la tige se produit au ras du sol.

Les deux bourgeons auxiliaires des deux feuilles inférieures se développent rapidement de chaque côté de la pousse primaire et la plante possède alors trois pousses vertes hors du sol (pl. V, fig. 2 : 1, 2a, 2a). Peu après, au-dessus de cette première paire, naît une deuxième paire de pousses secondaires (2b et 2b) et deux pousses d'ordre tertiaire (3 et 3) se formant à la base de chacune des deux pousses de la première paire secondaire. Il se formera ensuite deux autres pousses tertiaires à la base de chacune des deux pousses de la deuxième paire secondaire. Les ramifications d'ordre tertiaire se trouvent dans un plan perpendiculaire à celui des pousses d'ordre secondaire, ce qui fait que l'ensemble des tiges constituant la touffe de Blé représente une sorte de cercle qui assure une bonne répartition des

FIG. 1. — GERMINATION DU BLÉ.

Coléoptile entourant la 1re feuille.
Cinq racines séminales.

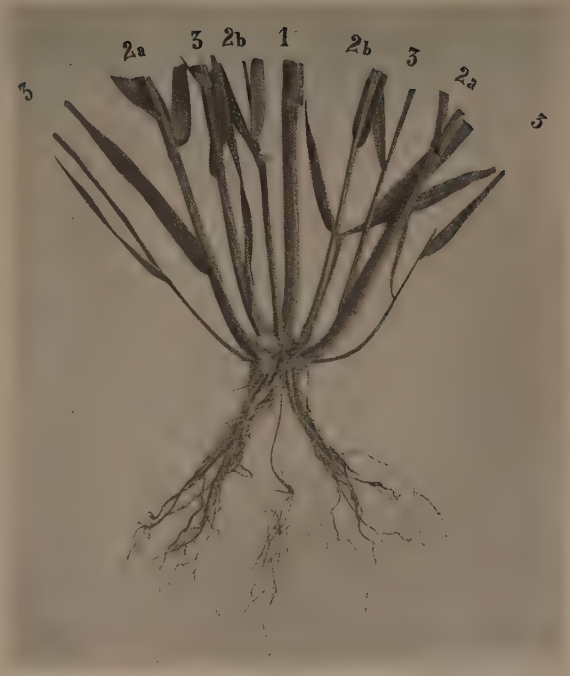


FIG. 2. — TALLAGE.

Ordre de formation des tiges. Au centre du système radiculaire, le rhizome portant, à sa base, les racines séminales.

tiges dans l'espace. Les nœuds qui donnent ainsi naissance à des pousses de deuxième, troisième et même quatrième ordre restent très voisins les uns des autres, car les entre-nœuds ne s'allongent pas. La touffe serrée qui se constitue ainsi ne montre pendant assez longtemps que des feuilles, les pousses restant courtes et complètement engagées dans les gaines foliaires. Simultanément avec les ramifications de la tige se produit l'*apparition des racines adventives.*

Quand les feuilles du premier et du deuxième bourgeon sont apparues au-dessus du sol, les racines adventives commencent à se former, dans un ordre corrélatif avec le mode d'évolution des bourgeons. La première paire sort du nœud de l'axe primaire donnant le premier bourgeon et, successivement, à chacun des nœuds de la tige primaire et des pousses secondaires, tertiaires, etc..., il se produit une paire de racines, dont une seule parfois se développe. Comme pour les pousses, les racines d'un ordre donné sont dans un plan perpendiculaire à celui des racines de l'ordre précédent. Aux nœuds les plus élevés, dépassant parfois légèrement la surface du sol, il naît jusqu'à 4 ou 6 racines au même niveau.

Les racines adventives sont très différentes des racines séminales. Elles ont à leur base un diamètre atteignant et dépassant parfois 2^{mm}. Elles s'allongent d'abord sans se ramifier, portent des poils absorbants sur toute leur longueur. Elles s'enfoncent obliquement en formant une série de véritables étais rigides qui maintiendront la touffe érigée malgré son poids et l'action du vent.

C'est toujours près de la surface du sol que se produit le tallage, quelle que soit la profondeur à laquelle ait été déposée la semence. La ramification des tiges et la formation des racines adventives, véritable système radiculaire du Blé, semblent nécessiter l'action de la lumière. Le temps couvert tend à rendre le tallage plus superficiel. Le nœud du tallage est même porté à 1 ou 2^{cm} au-dessus du sol, par allongement du rhizome, lorsque la germination a lieu à l'ombre, sous abri par exemple.

C'est donc une erreur que de croire favoriser l'enracinement du Blé en enfouissant davantage les semences; on diminue ainsi le développement des racines séminales, on épuise la tige, le tallage est retardé et se trouve toujours réduit (Pl. VI).

Le développement le plus vigoureux de la plante de Blé est toujours obtenu par un semis à 2 ou 3^{cm} de profondeur.

Seules des considérations relatives à l'opportunité de semer en terre sèche peuvent justifier des semailles profondes. Le maximum d'enfouissement ne devrait jamais dépasser 6 à 7 centimètres.

Il peut être par contre très intéressant de provoquer une sortie plus abondante de racines adventives et de tiges, en recouvrant légèrement

de terre la base des touffes dont le tallage est commencé. C'est ce que réalise le hersage, recommandé pour favoriser le tallage des cultures claires, mais dont l'utilité n'est pas démontrée, à ce point de vue, lorsque la densité de la culture est normale.

Les jeunes pieds de Blé qui viennent d'achever leur tallage présentent, suivant les variétés, des aspects assez différents que l'on peut ranger en trois groupes :

1° *Plantes érigées*, dont les feuilles et les pousses sont dressées presque verticalement à la surface du sol, donnant des tiges serrées les unes contre les autres; racines se rapprochant également de la verticale; faible résistance à la verse;

2° *Plantes étalées ou prostrées*, à pousses couchées à la surface du sol, donnant des tiges courbées à la base; racines divergentes occupant une grande masse de terre, contribuant à donner une bonne résistance à la verse;

3° *Type intermédiaire*, comprenant les variétés ne présentant pas nettement l'un des deux types ci-dessus.

L'*aptitude au tallage* est variable suivant les espèces et les variétés de Blé. Les Blés tendres tallent généralement plus que les Blés durs. Parmi les premiers, les variétés précoces tallent moins que celles qui ont une période de végétation plus longue.

Pour que la ramification des tiges et l'émission correspondante de racines se manifestent avec toute leur intensité, il faut que les plantes disposent de beaucoup d'espace et ne se gênent pas entre elles. Nous avons obtenu, en plaçant les semences à 25^{cm} d'écartement en tous sens, les tallages moyens suivants :

	Tallage moyen Récolte provenant de	
	Grosses semences	Petites semences
	—	—
Blés durs (moyenne de 10 sortes).....	18,4	16,1
Blés tendres (moyenne de 9 sortes).....	31,1	23,7

Ces chiffres, déjà élevés, peuvent être dépassés (jusqu'à 100 et même plus) si le sol est très fertile, si la base de la touffe est buttée artificiellement ou si le vent la couvre de sable.

Les résultats ci-dessus montrent que *les grosses semences favorisent le tallage;* il est assez difficile de dire si cette action tient à l'importance des réserves ou au développement de l'embryon chez les gros grains. Un de nos collaborateurs (1) a pu obtenir la germination

(1) Séguela J., Chef de Travaux au Service Botanique. Résultats inédits.

INFLUENCE DE LA PROFONDEUR DU SEMIS SUR LE TALLAGE ET LE DÉVELOPPEMENT DES RACINES.

De gauche à droite, les profondeurs du semis sont : 1 — 2.5 — 5 — 10 — 12.5 — 15 cm.
Les nœuds de tallage se trouvent tous entre 1 et 3 cm.

normale d'embryons de Blé, complètement isolés de leurs réserves et placés sur terre humide, dans les conditions normales d'un semis. Les réserves de la semence semblent surtout utiles lorsque celle-ci a été placée profondément. Dès qu'une feuille verte apparaît à la surface du sol, la plantule vit par ses propres moyens.

Pratiquement, dans les cultures normales, l'aptitude au tallage n'a pas la possibilité de se manifester; le rapprochement des plantes limite à quelques unités le nombre de talles par pied. Dans des semis exécutés à la main, grain à grain, à 10^{cm} en tous sens, de manière à répartir 100 pieds au mètre carré, nous avons obtenu, en 1929, les tallages moyens indiqués ci-dessous. Il s'agit de variétés nouvelles mises en comparaison avec du Baroota employé comme témoin :

	Tallage moyen de la variété	Tallage moyen du Baroota témoin
	—	—
Irakié 231	2,4	2,2
Florence 135	2,2	2,3
Hindi 770	2,2	2,2
Pusa × Florence 381 (mutique)	2,6	2,7
Pusa × Florence 381 (aristé)	2,4	2,8
Pusa × Florence 387	2,3	2,5
Florence × Aurore 589	2,5	2,5
Mentana	2,1	2,8

Les semailles ont été exécutées les 7 et 8 décembre; il s'agit de variétés précoces, par conséquent à tallage assez faible, mais le Baroota, dont la période de végétation est plus longue, n'a pas donné sensiblement plus de tiges. Avec 100 pieds au mètre carré, un bon tallage moyen est de 3, ce qui donne 300 épis et permet d'obtenir un rendement très satisfaisant.

Nous donnons plus loin (Méthodes de cultures) les raisons d'ordre pratique qui déterminent la densité des semis suivant les conditions dans lesquelles ils sont exécutés.

Quand le tallage est excessif (pieds très espacés), il est presque général, sous le climat de Tunisie, que les dernières talles formées ne donnent que des épis incomplètement développés ou n'en produisent pas du tout. Les racines adventives nées tardivement n'arrivent pas toujours à s'allonger suffisamment pour pénétrer jusqu'à la couche humide du sol et se dessèchent. La formation de tous ces organes inutiles fait baisser la proportion de grain dans le poids total de la récolte et augmente celle des petits grains.

Dans une culture de densité normale, le tallage est affecté par

quelques facteurs physiques. Quand le sol est suffisamment humide, une température élevée et une bonne insolation sont favorables au tallage; les semailles hâtives réalisent souvent ces conditions, les journées étant plus longues, plus ensoleillées et plus chaudes. Il est à remarquer que le tallage des Blés tendres très précoces (Irakié, Florence) est parfois insuffisant lorsque les mois de novembre, décembre et janvier sont secs et ensoleillés (1929-1930). La température anormalement élevée de la saison provoque la montée rapide d'une et quelquefois deux tiges par pied et leur épiage anticipé. S'il survient une période humide et plus froide, le tallage reprend et l'on peut observer deux épiages successifs. Cette disposition des Blés précoces est encore une raison pour faire différer leurs semailles jusqu'après le 15 novembre. Un excès d'humidité, surtout accompagné d'une basse température, réduit beaucoup le tallage. Les premières racines adventives sortant du nœud de tallage ont parfois leur extrémité détruite par le froid, et le développement se trouve compromis pendant un temps plus ou moins long. Nous avons constaté un exemple de cet accident dans une culture de Richelle hâtive dont le tallage fut à peu près nul à la suite d'une période froide (chute de neige fondue) au début de la formation des racines adventives.

Il y a lieu toutefois de remarquer que le tallage ne se produit pas pendant une période strictement limitée de la végétation. Il se déclenche quand les conditions de température et d'humidité le permettent et se prolonge pendant plus ou moins longtemps. Dans un sol suffisamment bien préparé et fertile, le tallage est presque toujours suffisant; il faut des circonstances exceptionnelles de sécheresse ou de froid pour que cette période critique ait une influence vraiment néfaste sur le développement du Blé.

4. Développement des tiges feuillées

Quand la formation des pousses latérales cesse, à la fin de la période de tallage, les plantes possèdent déjà 5 à 6 feuilles dont le limbe seul est visible; les gaines restent emboîtées les unes dans les autres, alors que les tiges n'ont encore, avec l'ébauche d'épi qui les termine, qu'un demi-centimètre environ de longueur.

Cet état gazonnant du Blé dure tant que la température ne s'est pas relevée jusqu'à un certain degré, variable d'ailleurs avec les espèces et les variétés. Lorsque cette condition de température est réalisée, le Blé commence à « monter ». Les tiges s'allongent et les entre-nœuds apparaissent successivement. Cette croissance a lieu par le méristème terminal (groupe de cellules en voie de multiplication) et par des régions intercalaires situées à la base de chaque entre-nœud. L'allongement commence par l'entre-nœud inférieur et gagne successive-

ment les autres, comme une vague de croissance se déplaçant de la base au sommet. L'arrêt de développement se produit ensuite dans le même ordre (voir tableau 8, ci-après).

La longueur définitive des entre-nœuds croît de la base au sommet; le premier reste très court, le dernier, qui portera l'épi, atteint souvent près de la moitié de la longueur totale du chaume. La dimension de ce dernier entre-nœud règle pour une part importante la hauteur totale de la paille.

Le nombre des nœuds varie peu, chaque tige en possède 5 à 8, le plus souvent 7. Malgré cette uniformité, l'aspect que présentent les diverses variétés de Blé pendant cette période est assez variable et permet parfois de les reconnaître. Les Blés tendres cultivés en Tunisie ont des feuilles moins larges que les Blés durs; la Richelle hâtive se distingue surtout par un feuillage réduit et le Blé de Mahon par un feuillage très développé; les différences de teintes, du vert cru plus ou moins foncé au vert glauque un peu bleuâtre, sont des caractères très stables, bien qu'influençables par l'abondance des nitrates dans le sol.

Il y a lieu de remarquer que, pendant cette période d'élongation des tiges, aucune ramification ne se produit. Les bourgeons qui existent normalement à l'aisselle de toutes les feuilles avortent sans exception. Il est extrêmement rare de trouver des chaumes ramifiés (nous n'en avons jamais rencontré; mais nous avons signalé cette exception chez des Orges (Bœuf, 1913). L'aptitude à la ramification par évolution des bourgeons axiliaires, très marquée pendant la période de tallage, disparaît pendant la croissance des chaumes pour reparaître dans les épis.

Le développement des racines se produit activement pendant cette période de végétation. Leur allongement dépend surtout, en Tunisie, de la répartition de l'eau en profondeur dans le sol. Lorsque les pluies d'automne et d'hiver sont abondantes et mouillent le sol profondément, l'enracinement du Blé suit la pénétration de l'eau, l'humidité du sol, tant qu'elle n'est pas excessive, étant le facteur déterminant l'orientation des racines. Quand les pluies sont légères et ne descendent qu'à faible profondeur, l'enracinement reste superficiel, exposant la céréale aux effets de la sécheresse. On comprend l'importance des travaux préparatoires, qui accumulent de l'eau dans le sous-sol, pour régulariser le développement normal du système radiculaire. Ce dernier est beaucoup plus important que ne l'imaginent beaucoup d'agriculteurs. En sol humide, mais perméable, les racines du Blé dépassent 1 mètre et même 1^{m} 50 de profondeur. La planche VII représente le système radiculaire du Mahmoudi, à la fin du tallage et quelques jours après l'épiage.

La période de l'allongement des tiges, n'affectant pas le nombre des organes, facteurs du rendement en grain, n'exerce qu'une influence indirecte sur ce dernier, par le développement plus ou moins considérable des feuilles, organes d'assimilation, et des racines chargées de l'absorption de l'eau et des sels minéraux.

La fin de cette période correspond toutefois à la formation des épis et prend une importance considérable qui mérite un examen spécial.

5. Formation des épis. Epiage

Nous avons dit précédemment que l'ébauche de l'épi commence à se former en même temps que celle de la tige qui le produit, mais l'évolution de l'épi reste très lente au début de l'allongement du chaume correspondant. Elle se produit brusquement, à une époque bien déterminée pour chaque variété; on voit d'abord la gaine se gonfler, puis l'épi apparaître progressivement et l'allongement des derniers entre-nœuds, très rapide, donne à la plante sa hauteur presque définitive.

Nous donnons, dans le tableau 8 ci-après, la croissance en longueur des divers entre-nœuds de la tige et de l'épi, pour un Blé tendre, le Baroota 52, et pour un Blé dur, le Biskri Ac[10], tous deux atteignant à peu près la même taille (1[m] 40 avec l'épi).

Ces mensurations montrent que l'épi est déjà formé et atteint 2 à 3[mm] fin février, alors que le Blé est encore gazonnant et ne mesure qu'environ 12[cm] pour le Baroota et 18[cm] pour le Biskri.

A cette époque, les deux premiers entre-nœuds de la base du Baroota, les trois premiers pour le Biskri, ont déjà toute leur longueur.

La croissance en hauteur, la montée par l'allongement successif des entre-nœuds, de la base au sommet, est très manifeste. La progression est assez régulière jusqu'au moment où s'allonge le dernier entre-nœud pour sortir l'épi du fourreau des gaines foliaires; cette phase de croissance est beaucoup plus rapide que les autres. Elle est plus longue pour le Biskri que pour le Baroota et, bien que nous n'ayons pas de mensurations pour d'autres Blés, il semble bien que cette différence existe d'une façon générale entre les Blés durs et les Blés tendres, tout au moins pour les variétés cultivées en Tunisie. L'épi ne s'allonge plus que de quelques millimètres après sa sortie.

La période de végétation du Blé qui comprend environ les trois semaines précédant l'épiage et la semaine pendant laquelle les épis sortent de leur fourreau de gaines foliaires est particulièrement importante par l'influence qu'elle exerce sur le rendement. Elle correspond à une formation accélérée de tissus nouveaux et à la constitution de l'épi. Celui-ci, resté à l'état pour ainsi dire embryonnaire,

Planche VII.

Système radiculaire du Blé dur Mahmondi.

A l'épiaison. Au tallage.

TABLEAU 8. — **Croissance en longueur des entre-nœuds et de l'épi du Blé pendant des intervalles de 10 jours (moyenne de 10 tiges normales)**

DATES	Longueur des entre-nœuds (numérotés de la base à l'épi)								Longueur de la tige	Longueur de l'épi	OBSERVATIONS
	1	2	3	4	5	6	7	8			
***a*) Blé tendre Baroota n° 52**											
27 février	21,0	66,7	25	3,2		1,4		»	117,3	2,1	
7 mars	8,5	71,6	134,3	27,5		4,4		1,3	247,6	4,3	
17 mars	23,0	72,5	139,2	125,2	43,0	6,8	2,5	»	412,2	24,6	
27 mars	22,4	86,5	158,0	180,2	143,5	26,8	10,4	»	627,8	59,2	
7 avril	12,0	36,0	111,7	157,4	182,0	226	170,4	»	895,1	101,4	Epi sorti à moitié.
17 avril	17,0	47,5	124,9	166	197,3	278,8	415,5	»	1247,0	108,3	Floraison.
27 avril	22,2	81,0	151,8	172,6	207,4	246,8	415,9	»	1297,0	105,4	Grain demi formé.
***b*) Blé dur Biskri ac 10**											
27 février	14,7	62,7	91,5	10,4	2,5		1,1		182,9	3,1	
7 mars	14,8	70,5	118,1	77,9	9,6		3,4		294,3	5,6	
17 mars	9,7	71,1	129,5	155,7	89,1	12	4,3		471,4	6	
27 mars	31,1	80,0	135	156,5	119,5	19,8	7,6		549,5	19,7	
7 avril	22,1	66,7	112	144,3	148	169,4	71,1	51,4	785	66,6	Epiage.
17 avril	14	55	94,6	136,3	137	182,1	213	371,5	1203,5	66,3	Floraison.
27 avril	35	66,7	112,2	135,1	153,9	168,7	220,6	506,8	1324	74,3	

Les intervalles caractérisés par le plus grand accroissement sont marqués par un trait gras

(1) Mensurations effectuées par M. SÉGUÉLA, Chef de Travaux au Service Botanique.

différencie ses épillets, dans lesquels s'organisent les ébauches des fleurs. Pour que la plante soit à même de traverser cette véritable crise de croissance et de mener à bien la formation de tous ces organes nouveaux, il est nécessaire qu'elle dispose en abondance d'aliments et d'eau.

Beauverie J. (1922, 1923[c], 1924[a]) a montré, pour le Puy-de-Dôme, l'influence de la pluviométrie de la période critique sur le rendement et la variabilité de cette influence suivant les conditions météorologiques des périodes précédant et suivant cette période critique.

Dans la région de Tunis, l'épiage se place généralement autour du 15 avril pour les variétés de Blé tendre de précocité moyenne (Mahon, Baroota), du 20 au 25 avril pour les Blés durs. On comprend ainsi toute l'importance des pluies de printemps (mars et début d'avril) pour assurer une humidité suffisante du sol pendant la période d'évolution des épis. Parmi les aliments minéraux dont la plante a grand besoin, l'azote est le seul qui subisse des fluctuations importantes dans le sol. Les travaux d'un de nos collaborateurs (Yankovitch, 1929) ont montré que c'est précisément à cette époque que le sol contient le moins d'azote nitrique et qu'il convient d'en augmenter la teneur par des apports d'engrais azotés solubles.

Nous donnons plus loin (tableau 10), en étudiant le développement général du Blé, les accroissements en matière sèche aux différentes périodes de végétation. Ils font encore mieux ressortir que les chiffres relatifs à l'allongement des tiges et des épis les grands besoins du Blé pendant cette période.

L'influence du milieu physico-chimique sur l'épiage se manifeste surtout dans le nombre d'épillets formés et dans le nombre des fleurs de chaque épillet propres à être fécondées. Quand les conditions sont défavorables au début de l'accroissement de l'épi, l'allongement de celui-ci, par formation d'épillets à la partie supérieure, cesse. Cette action n'affecte que les épis encore tout jeunes, la différenciation des épillets ayant lieu de bonne heure. Les effets d'une nutrition insuffisante, particulièrement d'une pénurie d'humidité du sol, consistent surtout : a) dans l'avortement d'un nombre plus ou moins grand d'épillets à la base de l'épi; b) dans l'avortement des fleurs supérieures de chaque épillet; c) dans la réduction de la longueur des entre-nœuds qui séparent les étages d'épillets, ce qui contribue à raccourcir l'épi, à le rendre plus compact.

La densité (ou compacité) des épis, c'est-à-dire le rapport : $\frac{\text{nombre d'épillets}}{\text{longueur du rachis}}$ est plus grande quand la culture souffre de la sécheresse pendant la période critique de l'épiage: elle est plus grande pour les épis des dernières talles, formés un peu plus tard que ceux

des premières tiges. Il y a d'ailleurs une assez grande différence, suivant les variétés, dans l'aptitude de la plante de Blé à modifier le développement des épis selon que les conditions du milieu sont plus ou moins favorables. Il en existe de très plastiques, comme le Blé tendre Mahon et surtout la Richelle hâtive, dont les épis varient du simple au quadruple suivant l'abondance de la nutrition dont peut profiter le Blé, et d'autres, tel le Florence, qui donnent des épis toujours de petite taille dans lesquels varie seul le nombre de grain par épillet.

Dans une lignée pure, la sortie des épis ne dure que quelques jours, parfois deux seulement, lorsque la culture est très régulière comme végétation. L'épiage produit alors une transformation soudaine et complète de l'aspect du champ. Toutefois, lorsque l'épiage commence par un temps pluvieux et froid, il peut se prolonger pendant une semaine et même davantage. Sauf cette réserve, l'épiage constitue, dans la végétation du Blé, une date précise. Le temps qui s'écoule entre la levée et l'épiage peut servir à caractériser *la précocité* d'une variété. Bien que la durée de cette période soit influencée par les divers facteurs étrangers à la plante, elle n'en constitue pas moins un caractère héréditaire, qui persiste quel que soit le lieu où la variété est cultivée.

Sous le climat nord-africain, la date de l'épiage est beaucoup plus facile à saisir avec précision que celle de la maturité, cette dernière étant assez souvent brusquée par l'élévation rapide de la température ou par des vents chauds.

La précocité est très variable chez les Blés tendres, même parmi ceux dont la période de végétation est assez courte pour permettre une maturation normale sous notre climat. Aux variétés très précoces introduites, Florence et Irakié, actuellement propagées en Tunisie, s'ajoutent des variétés nouvelles issues de croisements effectués au Service Botanique. Ces Blés semblent avoir atteint la limite de précocité d'épiage que l'on peut désirer pour les 1re et 2e Régions de la Tunisie. Il est même nécessaire de ne pas semer ces variétés avant le 15 novembre, pour ne pas risquer un épiage trop hâtif en février et même en janvier, incompatible avec une fécondation et une maturation normales. Seules les Régions du Centre et du Sud pourraient trouver profit à cultiver des Blés à végétation encore plus rapide. Quant aux parties élevées de la 3e Région, soumises à des froids assez intenses en hiver et à des gelées de printemps, les variétés précoces y sont exposées au gel des épis. Ceux-ci sont tout entiers très fragiles quand ils sont encore à l'état rudimentaire et le gel peut les atteindre dans la gaine; leurs épillets et leurs organes floraux restent susceptibles de geler après l'épiage. Nous donnons plus loin (§ Gel) des

observations récentes à ce sujet. Il faudrait trouver, pour ces régions, des variétés restant à l'état gazonnant pendant toute la période de basses températures, n'épiant pas trop tôt et évoluant ensuite très rapidement, pour regagner en quelque sorte le retard qu'a subi la végétation et mûrir avant la sécheresse et les coups de chaleur de l'été.

Quant aux Blés durs cultivés en Tunisie, bien qu'originaires du pays, ils sont tous assez tardifs et la recherche de formes précoces est une des préoccupations actuelles du Service Botanique.

La grande délicatesse des tissus de l'épi lorsqu'il sort de la gaine le rend très sensible à l'influence desséchante du vent. Quelques variétés, comme le Baroota, peuvent ainsi avoir leurs épis desséchés sur une certaine longueur à partir du sommet lorsqu'il souffle des vents violents, chauds ou froids, au moment de l'épiage. Cet accident a causé des dommages assez considérables à cette variété en 1927.

A un grand nombre de points de vue, la période d'environ un mois, commençant trois semaines avant la sortie des épis, constitue, dans la végétation du Blé, une période critique des plus importantes :

a) elle correspond à une crise de croissance rapide, exigeant des aliments et de l'eau en abondance;

b) elle affecte un facteur principal du rendement, le nombre de fleurs fertiles par épi;

c) elle expose le jeune épi à l'influence destructive du gel et des vents desséchants.

6. Floraison. Fécondation

La floraison suit de près l'épiage; elle commence parfois dès le jour suivant, ou après un délai pouvant atteindre une semaine et plus. La durée de ce phénomène, pour chaque fleur, est très courte, une vingtaine de minutes en moyenne, beaucoup moins par temps chaud et ensoleillé. Quand on pratique le croisement et qu'il importe d'opérer sur des épis prêts à fleurir, mais n'ayant pas encore rejeté leurs étamines hors des glumelles, on assiste très souvent à l'anthèse. Il suffit parfois de tenir un épi dans la main pour que la chaleur de celle-ci provoque la brusque ouverture des fleurs.

Avant l'anthèse, les organes floraux inclus entre les deux glumelles comprennent : au centre, un ovaire ayant la forme d'un cône renversé portant sur sa partie supérieure plate deux stigmates plumeux; autour de l'ovaire, trois étamines dont les longues anthères à deux loges sont supportées par un court filet de 2 à 3^{mm}; deux petites masses membraneuses, les lodicules, placées à la base des étamines.

Quand le moment de la floraison est arrivé, les lodicules se gonflent

et écartent les glumelles qui bâillent à leur partie supérieure, laissant une ouverture d'angle variable suivant les espèces de Blé. En même temps, les filets des étamines s'allongent, en deux à quatre minutes, pour atteindre environ 10^{mm}, repoussant ainsi les anthères, qui ouvrent leurs loges et déposent une partie de leur pollen sur les stigmates qu'elles frôlent au passage. Les anthères et leurs filets bientôt desséchés passent dans l'entrebâillement des glumelles. Cette sortie des anthères, seule observée par le cultivateur, caractérise pour lui la floraison. Elle représente plutôt la fin de cette courte période d'épanouissement de la fleur, car, lorsque ces organes sont rejetés au dehors, leur rôle est terminé, la pollinisation est déjà faite. La sortie des étamines est parfois incomplète dans les petites fleurs situées à la base des épis ou au sommet des épillets. Les lodicules redeviennent flasques, les glumelles se rapprochent et emprisonnent à nouveau l'ovaire. Le tout ne dure parfois que six à dix minutes.

Dans certaines variétés de Blé tendre, comme le Baroota, la glume placée à la base de chaque épillet s'écarte beaucoup de ce dernier, laissant voir les glumelles vert clair presque transparentes, et l'épi prend un aspect bizarre [1] qui dure jusque vers le coucher du soleil. La glume reprend alors sa place et ne change plus de position les jours suivants.

L'anthèse se produit à des heures de la journée un peu variables, suivant que le ciel est clair ou couvert. Les heures les plus fréquentes constatées à Tunis sont de 9 à 14 heures.

Dans un épi, la floraison commence un peu au-dessus du milieu de la longueur, vers le sommet du tiers médian, et progresse vers le haut et le bas; la floraison complète d'un épi dure de 2 à 4 jours par beau temps.

Dans chaque épillet, l'anthèse débute par la base et se limite à un nombre variable de fleurs. Sur 6 à 9 que contient l'épillet jeune, souvent les trois inférieures seules arrivent à floraison. Dans les Blés japonais et chinois, ainsi que dans certains Poulards et dans des formes spéciales trouvées dans des oasis sahariennes (Ducellier, 1920), le nombre des fleurs par épillet est plus élevé et la floraison, suivie de fécondation, a lieu dans 4, 5, 6 et même 7 fleurs dans les épillets du milieu de l'épi. La floraison de chaque épillet dure deux à trois jours.

Dans un pied de Blé, les diverses talles fleurissent dans l'ordre où elles sont nées; l'écart entre les premières et les dernières talles pou-

---

(1) Cette demi-transparence a parfois fait croire aux agriculteurs qui ont observé la floraison du Baroota que les épis étaient vides par suite d'un avortement général des fleurs.

vant atteindre plusieurs jours et dépasser une semaine, si les pieds sont abondamment tallés par suite de leur isolement. Dans une culture normalement dense, les deux à quatre tiges que forment la majorité des pieds fleurissent presque simultanément.

Le dépôt du pollen sur les stigmates de la même fleur ayant lieu au moment même où celle-ci s'entr'ouvre et la durée de cette ouverture ne dépassant pas quelques minutes, l'*autopollination*, *suivie de l'autofécondation*, *est la règle très générale chez le Blé*.

Cette disposition naturelle permet de cultiver côte à côte de nombreuses variétés sans qu'il y ait à redouter de nombreux croisements. Les cas de fécondation croisée spontanée sont très rares dans les pays à climat humide et frais, sans doute parce que le pollen n'y peut prendre un état pulvérulent qui favorise son transport par le vent. J. Percival en a trouvé 5 à 6 cas annuellement dans ses collections comprenant plus de 1.500 variétés. Certains Blés s'hybrident facilement avec d'autres variétés ou espèces, même en Europe, ainsi que M. J. de Vilmorin l'a constaté pour les *Triticum dicoccoides*. Sous les climats chauds et secs, les cas de fécondation croisée naturelle sont beaucoup plus nombreux, sans doute parce que le pollen est facilement transporté par le vent; nous en constatons d'assez fréquents dans nos cultures d'expériences. Le rapprochement des pieds de variétés différentes dans des cultures en mélange favorise beaucoup ces croisements. Cette raison serait suffisante, à elle seule, pour faire comprendre que ces cultures sont en perpétuel changement par suite du nombre élevé de formes qui prennent naissance à chaque croisement, les unes appelées à disparaître par disjonction, d'autres pouvant persister en raison de leur état homozygote (voir au chapitre Génétique du Blé).

L'ovaire de la fleur de Blé ne contient qu'un ovule. Il donne après fécondation un fruit ne contenant qu'une graine; celle-ci appuyant ses enveloppes contre celles du fruit, l'ensemble constituera le grain de Blé.

Un des grains de pollen germant sur le stigmate pousse son tube de germination jusqu'à l'ovule. Un noyau, sorti du tube pollinique, féconde l'oosphère, qui devient ainsi l'œuf dont le développement produit l'embryon du grain; un deuxième noyau du tube pollinique va se fusionner avec le noyau secondaire du sac embryonnaire et la multiplication de ce noyau fécondé donne l'albumen farineux du grain.

Ce phénomène de double fécondation, qui ne peut être que rappelé brièvement ici, s'observe trente à quarante heures après la pollinisation.

La phase de la floraison et de la fécondation, *très importante pour*

la vie de la plante, capitale pour la conservation de l'espèce, est donc très brève : à peine deux jours pour une fleur, moins d'une semaine souvent pour tout un champ si la culture est pure. Elle ne se produit guère que lorsque les conditions favorables de température se trouvent réalisées. Les risques de coulure des fleurs par non pollinisation ou par non fécondation sont réduits au minimum. Cette phase n'est donc pas à proprement parler une période critique. L'avortement des fleurs se produit généralement avant la fécondation pour cause de sécheresse ou de gel, ou après par suite de gelée (voir plus loin Accidents pendant la végétation).

7. **Développement du grain. Maturation**

L'embryon se forme à la base du grain par les divisions successives de l'oosphère fécondée, qui commencent de deux à cinq jours après la pollinisation. La différenciation des différentes parties de l'embryon, pour aboutir à la constitution définitive décrite au début de ce chapitre, ne présente rien qui puisse intéresser l'agriculteur.

L'accumulation des réserves constituant l'albumen du grain mérite par contre de retenir l'attention. Le noyau secondaire du sac embryonnaire, après fécondation, se divise rapidement; les noyaux qui résultent de ces bipartitions successives tapissent intérieurement la membrane du sac embryonnaire, puis se séparent les uns des autres par des cloisons, et il se constitue ainsi un tissu à croissance centripète qui remplit complètement la cavité interne en 10 à 14 jours. A partir de ce moment, l'amidon commence à apparaître dans ces cellules de l'albumen et du côté opposé à l'embryon; l'accumulation de ces grains progresse obliquement suivant un plan parallèle au scutellum.

La couche à aleurone se différencie quand le grain atteint la moitié de sa taille et, après cinq ou six semaines, toutes les cellules, sauf celles de cette dernière couche, sont bourrées d'amidon. Les plus proches de l'embryon en restent dépourvues, sans doute parce que ce dernier a utilisé pour sa propre croissance les réserves parvenues à son voisinage; ces cellules vides sont comprimées, aplaties entre l'embryon et l'albumen.

La matière vivante des cellules de l'albumen (cytoplasme et noyaux) se désorganise plus ou moins complètement sous la pression des grains d'amidon: elle finit par ne plus former qu'un mince réseau de matière protéique dans les mailles duquel les grains d'amidon sont comme enchâssés.

Cette substance, sous l'action de l'eau et du malaxage, donnera le *gluten. Ce dernier, dont la proportion et les qualités déterminent la valeur boulangère de la farine, provient donc de la matière vivante*

du grain; on comprend que sa constitution soit très complexe, que ses propriétés soient fortement influencées par les conditions dans lesquelles s'effectue la maturation du grain, et diffèrent d'une variété de Blé à l'autre.

L'amidon au contraire est une réserve morte, de composition constante.

Si la maturation est lente, prolongée par un temps couvert et frais, l'accumulation de l'amidon dans les grains est complète; ces derniers sont renflés, de gros volume, le rendement élevé. Si la maturation est un peu écourtée, qu'il s'agisse de Blés de printemps, ou de Blés dont la période de végétation est abrégée par le froid (Canada) ou la chaleur (Nord de l'Afrique), l'amidon s'accumule pendant moins longtemps dans les cellules, le grain est plus petit, moins renflé. La proportion de matière protéique donnant le gluten au pétrissage est plus élevée et ces Blés seront de haute valeur boulangère, s'ils appartiennent à une variété dont le gluten est de bonne qualité et si les conditions climatériques de la maturation ont permis à cette qualité de prendre son entière valeur. Nous reviendrons sur ce sujet au chapitre de l'Utilisation industrielle des Blés (2e volume).

Le grain de Blé mûrissant normalement atteint le maximum de son volume 4 à 5 semaines après la fécondation, puis ses dimensions diminuent en raison de la perte d'eau, pendant 3 à 4 semaines, jusqu'à complète maturité.

On peut distinguer, dans cette période du développement et de la maturation du grain, quatre phases :

a) *Etat laiteux :* Le grain est encore vert, son volume et sa teneur en eau atteignent leur maximum. L'intérieur du grain paraît rempli d'un liquide laiteux dû à la présence de très nombreux grains d'amidon. L'embryon est déjà différencié, mais n'a pas encore atteint son complet développement. Après dessiccation, le grain récolté à cet état peut germer; la jeune plante qu'il donne est toutefois un peu faible. A cette période, l'appareil végétatif est encore vert, vivant, sauf les feuilles inférieures qui sont mortes et desséchées, vidées de leurs réserves, qui ont émigré vers l'épi.

b) *Etat pâteux :* Le grain a pris une couleur jaune doré, son intérieur est de consistance pâteuse. Les feuilles, la paille et l'épi ont perdu leur teinte verte. La partie des gaines foliaires qui recouvre les nœuds est ratatinée et brunâtre sur les nœuds inférieurs, mais elle se montre encore verte et turgescente sur les nœuds supérieurs. La végétation de la plante est terminée, le grain ne gagnera plus en poids et il n'y a aucun inconvénient à effectuer la moisson, à la condition de laisser le Blé en gerbes pendant le temps nécessaire pour qu'il achève sa dessiccation. Bien entendu, il ne saurait être question de récolter

à la moissonneuse-batteuse du grain à cette phase de maturité. La moisson des variétés sujettes à l'égrenage gagne par contre à être effectuée à ce stade.

c) *Etat demi-dur :* Quelques jours après, le grain devient ferme, ne s'écrase plus, mais peut encore être marqué par l'ongle. Il a pris sa couleur définitive et sa texture farineuse ou cornée. Les derniers nœuds, restés vivants jusque-là, ont bruni et se sont desséchés à leur tour. C'est la meilleure époque pour la récolte.

d) *Etat dur :* C'est la maturité complète. Le grain est devenu cassant et se rompt en fragments anguleux. La paille devient fragile, surtout au voisinage de l'épi, qui peut tomber dans certaines variétés. L'égrenage se produit également dans les Blés à glumes et glumelles molles, qui tombent et laissent à nu le grain, lequel ne tarde pas à se détacher lui-même. Il n'y a aucun avantage à attendre cet état de surmaturité, même pour la récolte des semences, car il s'accompagne presque toujours de pertes.

Les conditions dans lesquelles s'effectue la maturation influent sur la *texture du grain* et, par voie de conséquence, sur son aspect, ses qualités et sa valeur commerciale.

On distingue, au point de vue de la texture du grain, deux grands groupes de Blés : les Blés tendres, variétés du *Triticum vulgare*, et les Blés durs, variétés du *Triticum durum*. Ces derniers ont tous, lorsqu'ils ont mûri normalement, des grains translucides, à cassure cornée, vitreuse. Les Blés tendres présentent, suivant les variétés, de grandes différences dans la dureté du grain. Les uns ont un grain relativement mou, facile à écraser, à cassure complètement farineuse (texture traduite par le mot *soft* dans les standards américains); les autres ont un grain plus dur, à cassure partiellement cornée, au moins à la périphérie du grain (texture traduite par le mot *hard* dans les standards américains). A la première catégorie de Blés tendres appartiennent, en Tunisie, le Baroota, la Richelle hâtive; à la seconde le Florence et l'Irakié; le Blé de Mahon fait partie de la première catégorie lorsque la maturation est lente et normale; il devient un peu vitreux à sa périphérie quand la maturation est un peu brusquée par la sécheresse ou le siroco.

L'apparence farineuse de l'albumen est due à l'existence de petits interstices remplis d'air entre les grains d'amidon et entre les cellules, tandis que l'albumen corné constitue une masse cohérente de grains d'amidon enchâssés dans la matière protéique qui donne le gluten à la panification. L'abondance des interstices remplis d'air paraît être sous la dépendance de la rapidité de dessiccation de l'albumen. Quand la maturation a lieu par temps humide, les grains

restent longtemps gorgés d'eau, la brusque disparition de celle-ci laisse des vides, tandis que si la maturation a lieu par temps sec, le grossissement des grains d'amidon d'une part, le rétrécissement progressif des cellules par la lente disparition de l'eau d'autre part, ne permettent pas la formation d'espaces vides dans la masse de l'albumen.

Cette influence de l'humidité de l'air et surtout des pluies pendant la maturation expliquerait les constatations suivantes :

a) les variétés de Blé dur sont presque exclusivement cultivées dans les contrées chaudes et sèches; lorsqu'il survient des pluies pendant la maturation ou lorsque le sol est encore très humide par suite de pluies antérieures ou d'irrigations, les grains montrent des plages farineuses opaques et des plages cornées translucides; cet état particulier ou *mitadinage* est parfois présenté par des grains entiers; il diminue la valeur de ces Blés pour la préparation des semoules;

b) le mitadinage se rencontre aussi dans les mêmes conditions chez les Blés tendres à grain normalement dur;

c) les variétés de Blé tendre à grain dur sont surtout cultivées dans les contrées où la maturation se produit par temps chaud et sec;

d) les variétés de Blé Poulard (*Triticum turgidum*) ont des grains vitreux dans les régions sèches, comme le Nord de l'Afrique, des grains plus ou moins complètement farineux dans les pays à pluies estivales, comme la France.

Le mitadinage est étudié plus loin avec les autres accidents survenant au cours de la végétation.

La phase de la maturation du grain constitue, dans le Nord de l'Afrique, une période critique des plus importantes, parce qu'elle conditionne la grosseur des grains et leur valeur industrielle. L'accumulation des réserves dans le grain se fait par la migration des substances hydrocarbonées réparties jusque-là dans les feuilles et dans les tiges. La plante ne reçoit presque plus rien du sol, sauf un peu d'eau. Pour que ce grossissement des grains atteigne son maximum, il faut que la maturation soit lente, que les plantes ne soient pas soumises à des causes de dessiccation qui tuent les tissus restés verts et arrêtent brusquement l'afflux des réserves dans le grain. Le temps le plus favorable à une bonne maturation est un ciel couvert, l'absence de vent. Bien plus que l'humidité du sol, ces conditions de température et d'humidité atmosphérique déterminent le volume des grains. En 1927, des Blés durs et tendres, à demi-desséchés par des vents violents de mars et avril, ont cependant donné des rendements très satisfaisants grâce au temps calme et couvert qui a favorisé la matu-

ration. L'exagération de la transpiration des plantes par un vent chaud, ou par un vent frais mais violent, peut produire la dessiccation brusque du Blé connue sous le nom d'*échaudage;* le grain se dessèche au stade où il se trouvait de son grossissement et le rendement s'en trouve plus ou moins profondément affecté suivant l'état d'avancement de la maturation. Les grains sont parfois réduits à leurs enveloppes et à un albumen ne contenant que fort peu d'amidon; le battage élimine tous ceux qui sont trop légers et les autres sont parfois invendables ou subissent d'importantes réfactions de prix. Dans les cas moins graves, les contours du grain, au lieu d'être arrondis, présentent des facettes déterminées par l'affaissement des tissus et le rendement est abaissé sans que la qualité du grain en soit très affectée; la proportion de gluten de ces grains est même plus élevée que dans les grains normaux; il serait plus exact de dire que c'est la proportion d'amidon qui est réduite par l'arrêt prématuré de son accumulation.

Cet effet de l'échaudage sur la diminution des rendements est presque toujours sous-estimé par les praticiens. Le volume (et approximativement le poids) des grains croît comme le cube des dimensions linéaires, et l'œil n'apprécie bien que ces dernières. Un grain dont toutes les dimensions présenteraient les trois quarts de leur valeur normale aurait un volume réduit aux 42 centièmes du volume normal.

La formation du grain et sa maturation sont accompagnées de modifications dans sa composition chimique. Le tableau 9 montre les variations de teneur en principes immédiats dans un Blé tendre très précoce (Florence 135), un Blé tendre demi-précoce (Richelle 110) et un Blé dur (Biskri Ac²) [1], au cours du printemps 1930.

Les prélèvements ont commencé une quinzaine de jours après la floraison, lorsque le grain était au début de la phase laiteuse.

A cette époque, le poids de matière sèche contenue dans la partie aérienne de la plante (col. 1), dans les trois Blés étudiés, a déjà atteint son maximum. Il semble donc que le Blé ne demande plus rien au sol que de l'eau, à partir du moment où le grain prend la consistance laiteuse. Le grossissement du grain et l'accumulation des réserves dans ce dernier se font aux dépens de substances déjà contenues dans la tige, les feuilles et les épis.

Notons que le poids individuel d'une tige des Blés tendres Florence et Richelle ne dépasse guère la moitié de celui d'une tige de Blé dur Biskri.

Le poids de matière sèche du grain (col. 2) s'accroît jusqu'à com-

(1) Analyses effectuées par M. Matweeff, Chef de Travaux au Service Botanique.

TABLEAU 9. — Développeme

DATES DES PRISES D'ÉCHANTILLONS	MATIÈRE SÈCHE DE 10 TIGES		Proportion de grain %	Matière sèche du grain % de poids frais	ANALYSE DES GRAINS : TENI		
	totale gr.	du grain gr.			Glucose	Saccharose	Extractifs non azotés
	1	2	3	4	5	6	7
a) Blé tendre Florence							
28 mars.....	26,2	1,265	4,8	27,4	13,6	12,4	47
2 avril.....	29,3	1,971	6,7	31,7	8	17	55,6
7 avril.....	29,7	3,116	10,6	30,5	8,7	17	52,7
12 avril.....	29,4	2,879	9,8	33,2	6,2	19	53
23 avril.....	27,9	6,673	23,9	47,3	3,1	3,1	75,1
28 avril.....	27,4	6,430	23,5	52,6	2,8	2,6	73
3 mai.....	28,2	7,732	27,4	60,4	2,2	1,5	75,7
9 mai.....	30	7,492	24,9	67,6	1,4	4,4	70,7
14 mai.....	27,3	7,534	27,6	85	0,9	1,6	77,6
19 mai.....	22,2	»	»	90,5	1	1,1	77,6
23 mai.....	19,4	»	»	90,8	0.6	1,2	77,6
b) Blé tendre Richelle							
23 avril.....	29,4	1,546	5,3	28,9	8,3	23,9	46,7
28 avril.....	30,8	4,194	13,6	32,3	6	14,1	60,4
3 mai.....	27,3	4,999	18,3	40	3,6	9,9	66,8
9 mai.....	32	6,304	19,7	46,5	2,3	6,7	67,5
14 mai.....	31,2	7,897	25,3	57,6	1,3	3,8	77,6
19 mai.....	29,5	8,416	28,5	71,7	1,1	3,6	75,9
23 mai.....	29,8	8,974	30,1	88,1	0,7	4,4	76,2
c) Blé dur Biskri							
3 mai.....	59,8	3,594	6	31,3	8,5	7,7	55,9
9 mai.....	46,6	5,085	10,9	36,3	4,2	7,9	62,3
14 mai.....	56,7	10,615	18,7	44,6	2,9	2,7	74,2
19 mai.....	52,8	12,349	23,4	53	1,4	3,9	73,1
23 mai.....	57,7	15,089	26,1	62,3	0,6	2,5	74,2
26 mai.....	54,8	15,018	27,4	76	0,6	1,3	76,9
28 mai.....	53,6	13,351	24,9	89,6	0,5	3,5	75,1
4 juin.....	55,8	14,250	25,5	»	»	»	»

aturation du grain

00 DE MATIÈRE SÈCHE						OBSERVATIONS
lose	Matières azotées		Matières grasses	Cendres		
	solubles	insolubles		solubles	insolubles	
8	9	10	11	12	13	
° 135 (très précoce)						
,5	11,1	6,5	2,1	2,4	0,4	Epiaison : 12 mars
»	5,3	7,5	0,7	1,6	0,3	Floraison : 20 mars
»	7,2	7,4	1,4	1,3	0,5	
,4	6,7	6,4	3,3	1,2	»	
»	4,1	7,9	1,5	1,1	1,1	
,6	3,8	10,7	2,3	1	1,2	
,7	3,5	10,4	2,2	0,8	1	
,3	1,1	15,5	2,3	0,7	1,6	
,6	3	11,2	2,3	0,6	1,2	Récolte : 14 mai
»	2,5	12	2,3	»	»	
»	1,3	13,1	2,2	»	»	
° 110 (demi-précoce)						
,5	7,3	5,9	1,6	2,1	0,7	Epiaison 2 avril
,6	6,8	6	2	1,7	0,4	Floraison : 10 avril
»	3,8	8,7	2,8	1,2	0,2	
,9	0,9	12,3	3,2	1,1	1,1	
,7	2,7	7,3	2,7	0,8	1	
	2,2	10,1	2,4	0,7	1	Récolte 22 mai
»	1,7	10	2,1	0,6	1,3	
c 2 (tardif)						
,9	12,4	2,2	3,3	1,9	1,2	Epiaison : 14 avril
,3	3,1	11,5	3,5	1,9	1,3	Floraison : 20 avril
,4	4	7	2,8	1,8	2,2	
,6	3	9	2,6	»	2,1	
»	2,1	11,6	2,5	»	2,1	
»	1,5	10,7	»	»	»	Récolte 29 mai
»	2,5	9,4	»	»	»	
»	»	»	»	»	»	

plète maturité, tout en restant presque stationnaire dans la semaine qui précède la récolte.

Le poids sec de grain par tige est beaucoup plus élevé dans le Biskri que dans les deux Blés tendres, fait corrélatif de la différence de poids sec constaté pour les tiges entières (y compris feuilles et épis).

Il en résulte que la proportion de grain (col. 3) est sensiblement la même dans les trois variétés; son maximum est atteint à une date qui traduit la précocité de la variété, dès le 3 mai pour le Florence, le 23 mai pour la Richelle, le 26 mai pour le Biskri.

Le Florence montre des irrégularités dans l'évolution du poids de matière sèche du grain et dans la proportion de ce dernier, en raison d'une forte atteinte de rouille jaune (*Puccinia glumarum*) qui entrava le développement d'une partie des grains.

La proportion de matière sèche dans le grain (col. 4) s'accroît progressivement jusqu'à la maturité; pendant les quatre derniers jours, la dessiccation du grain s'achève brusquement, la proportion finale de matière sèche arrivant à 88-90 %, soit une teneur en eau de 10 à 12 %, qui finit par tomber à 8 % si le Blé est laissé sur pied par un temps chaud.

La composition chimique du grain subit pendant le grossissement de ce dernier des variations importantes. Les organes verts élaborent, comme hydrates de carbone, des sucres solubles (glucose et saccharose) qui émigrent dans le grain, où ils se transforment en amidon et en cellulose insolubles.

La richesse en sucres (col. 5 et 6), forte au début, s'atténue rapidement, par suite de leur transformation. Ils persistent (le glucose surtout) plus longtemps dans le Florence que dans la Richelle. Il y a lieu de se demander si la sensibilité du premier à la rouille jaune et la grande résistance de la Richelle au même parasite ne sont pas en relation (hypothèse à vérifier) avec ces différences de composition du grain, qui s'accompagnent probablement de différences de même nature dans les feuilles et les glumes.

Notons que la période de maturation du Florence est plus longue que celle de la Richelle et du Biskri, ce qui explique sans doute les facultés de haut rendement de ce Blé précoce, lorsqu'il échappe à la rouille, et sa susceptibilité lorsque les conditions météorologiques sont favorables au parasite.

Les extraits non azotés (col. 7), constitués surtout par de l'*amidon* et un peu de *dextrine*, augmentent progressivement dans le grain, dont ils forment les réserves hydrocarbonées. Leur proportion dépasse 70 % assez longtemps avant que le grain ait cessé de grossir. Le maximum s'établit à 75-78 %.

La proportion de cellulose (col. 8), matière qui constitue les membranes des cellules, reste faible et diminue légèrement lorsque les cellules se bourrent de grains d'amidon.

Les matières azotées du grain (col. 9 et 10) représentent la matière vivante des cellules et la réserve d'aleurone qui s'accumule en une couche unicellulaire sous les enveloppes. Dans le grain mûr, on trouve peu de matières azotées solubles dans l'eau et de 10 à 13 % de matières azotées insolubles, qui, au moment du pétrissage de la farine, se transforment en gluten. Dans les trois variétés de Blé étudiées, on voit la proportion de matières azotées solubles diminuer peu à peu, à mesure que les matières azotées insolubles augmentent. Les premières constituent la forme de voyage que prennent ces matières, élaborées dans les organes végétatifs, pour se rendre dans les grains où elles s'accumulent.

La proportion de matières grasses (col. 11) est toujours faible et subit de faibles fluctuations; ces substances se trouvent surtout dans le germe.

Des cendres (col. 12 et 13), il y a également peu à dire. Celles que l'on dose dans l'extrait aqueux (cendres solubles) diminuent peu à peu, tandis que les cendres insolubles augmentent, sans doute parce que les matières minérales, qui arrivent dans le grain sous forme de solutions puisées dans le sol, s'insolubilisent par combinaison avec les matières organiques.

8. Développement général du Blé (variation du poids sec)

On peut se faire une idée assez exacte du mode général de développement du Blé en déterminant, à divers états de développement, le poids de la matière sèche formée (moyenne d'un certain nombre de pieds). La croissance peut alors être représentée par l'augmentation du poids de matière sèche par pied. Ces résultats sont donnés pour le Blé dur Mahmoudi (lignée Ap[4]) et pour le Blé de Mahon (lignée 124) dans les tableaux suivants (10 et 11)[1] :

Le tableau 10 indique, pour ces deux variétés, le poids vert et le poids sec par pied pour dix prises d'échantillons s'échelonnant entre le 14 mars et le 1[er] juin 1923. Ces poids représentent la moyenne de vingt-cinq pieds prélevés à chaque détermination. Les épis ont été pesés à part des tiges et feuilles à partir de l'épiage.

Le *poids vert* du pied entier, pour le Mahmoudi et le Mahon, passe par un maximum le 4 mai, pour décroître ensuite en raison de la dessiccation, qui commence par les feuilles inférieures. Le *poids sec* continue à s'accroître pour les deux variétés jusqu'à la fin mai.

(1) Déterminations de M. Amiable, Ex-Chef de Travaux au Service Botanique.

TABLEAU 10. — **Développement du Blé (Variations du poids de matière sèche)**

DATES	POIDS VERT PAR PIED			POIDS SEC PAR PIED			ACCROISSEMENT EN POIDS SEC par pied		
	Tiges et feuilles	Epis	Total	Tiges et feuilles	Epis	Total	Tiges et feuilles	Epis	Total
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
1° Blé dur Mahmoudi (lignée ap 4), **semé le 14|12, levé le 31|12, épié le 27|4**									
14 mars.....			12,66			1,09			
23 mars.....			20,16			1,96			0,87
3 avril.....			37,54			3,92			1,96
11 avril.....			40,36			4,30			0,38
19 avril.....			39,96			6,17			1,87
28 avril.....	66,48	6,56	73,04	12,62	1,66	14,28			7.61
4 mai	*88,16*	10,24	*98,40*	20,04	2,92	22,96	7,42	1,26	*8,68*
11 mai.....	*69,76*	11,52	81,28	20,42	3,80	24,22	0,38	0,88	1.26
22 mai.....	61,84	17,04	78,88	*23,48*	6,79	*30,27*	3,06	2,99	6,05
1er Juin	45,68	*20,40*	66,08	17,32	*8,40*	25,72	−6,16	1,61	−4,55
2° Blé tendre Mahon (lignée 124), **semé le 14|12, levé le 28|12, épié le 24|4**									
14 mars			8,41			0,86			
23 mars			14,95			1,48			0,62
3 avril.....			24,58			2,97			1,49
11 avril.....			35.72			4,96			1,99
19 avril.....			44,92			7,85			2,89
28 avril.....	55,16	4,81	60,00	13,44	1,18	14,62			6,77
4 mai	*96,24*	11,88	108,12	26,65	3,98	30,63	*13,21*	2,80	16,01
11 mai	95,20	15,72	*110,92*	28,46	5,32	33.78	1,81	1,34	3,15
22 mai.....	75,40	*22,36*	97,76	*29,23*	*8,85*	*38,08*	0,77	*3,53*	4,30
1er juin....	28,44	13,64	42,01	15,08	6,60	21.68	−11,15	−2,25	16.40

TABLEAU 11. — **Matière sèche pour 100 de matière verte**

	Blé dur Mahmoudi, lignée A p 4			Blé tendre Mahon, lignée 124		
	Tiges et feuilles	Epis	Total	Tiges et feuilles	Epis	Total
14 mars			8,6			10,2
23 mars			9,7			9,9
3 avril.....			10,4			12,1
11 avril.....			10,7			14,1
19 avril.....			15,4			17,1
28 avril.....	19	25,3	19,6	24,4	24,2	24.4
4 mai	22,7	28,5	23,3	27.7	33,5	28,3
11 mai.	29,3	33	29,8	29,9	33,8	30.5
22 mai.....	38	39,8	38,4	38.9	39,6	39
1er juin.....	38	41,1	39	53,1	48,4	51,5

Les épis augmentent en poids frais et en poids sec jusqu'à la fin de l'expérience. Il est probable que la diminution constatée pour le Blé Mahon le 1er juin provient de déprédations causées par les moineaux, dommages qui ont empêché de poursuivre plus loin l'expérience.

L'*accroissement*, exprimé par l'augmentation du poids sec par pied entre deux prises d'échantillons, lent jusqu'à l'épiage, s'accélère rapidement, pour les deux Blés, à l'époque de la formation et de la sortie de l'épi, entre le 19 avril et le 4 mai, pour se ralentir beaucoup ensuite. Cette période de 15 à 20 jours est caractérisée par une véritable *crise de croissance* que les chiffres du tableau 10 mettent encore mieux en lumière que ceux relatifs à l'allongement des entre-nœuds et de l'épi. L'augmentation générale du poids sec nécessite un appareil foliacé sain, en état de fonctionner activement pour élaborer des hydrates de carbone, et un approvisionnement suffisant du sol en eau.

La *proportion de matière sèche* pour 100 de poids frais (tableau 11) subit une augmentation constante au cours de la végétation. Au milieu de mars, elle est de 8,6 pour le Mahmoudi, 10,2 pour le Mahon; c'est-à-dire que ces Blés sont extrêmement aqueux, formés de tissus très tendres. Au moment de l'épiage, la teneur en matière sèche a doublé et, au 1er juin, elle a quadruplé pour le Blé dur et quintuplé pour le Blé tendre. Il est à retenir que ce dernier, plus précoce que le Blé dur, est constamment plus riche en matière sèche. Nous verrons (p. 202) que les variétés très hâtives actuellement cultivées sont caractérisée par une concentration moins rapide de leur substance.

9. Besoins du Blé en eau

Les besoins du Blé en *eau* dépendent de la rapidité du développement de la plante. On peut avoir une idée de l'importance de l'humidité du sol, aux différentes époques de végétation du Blé, en le laissant souffrir de la sécheresse à divers moments de sa croissance et en notant l'influence de ce manque d'eau momentané sur le rendement. Ci-après les chiffres obtenus dans une expérience de ce genre (Molinoga A., 1927) :

Rendement en grain du Blé Marquis et d'une Orge dont on a provoqué le flétrissement à différentes périodes de végétation :

	Blé Marquis	Orge
Témoin (végétation normale).....	100	100
Flétrissement à la levée.....	137	98
— au tallage.....	50	95
— à l'épiaison.....	34	47
— à la maturité laiteuse.....	77	100

On constate que le flétrissement d'un jeune semis de Blé a une influence heureuse sur le rendement. Le manque d'eau est très préjudiciable s'il se produit au moment du tallage et davantage s'il survient pendant l'épiaison; il exerce encore une influence très fâcheuse pendant la maturation.

L'Orge est beaucoup moins affectée, sauf pendant l'épiaison. Cette céréale se montre particulièrement résistante à la sécheresse, avant et après cette période critique; elle est beaucoup mieux adaptée que le Blé aux régions sèches.

10. **Besoins du Blé en aliments minéraux**

L'analyse [1], à diverses périodes de la végétation, de trois Blés tendres de précocités différentes (Mahon 73 non précoce, Richelle 110 demi-précoce, Florence 135 très précoce) permet de suivre la formation de la matière sèche, l'absorption des principales matières minérales, et de rapporter ces chiffres à l'hectare (tableau 12).

L'examen du tableau 12 montre que les proportions centésimales des divers éléments puisés dans le sol par les Blés sont assez différentes suivant les variétés étudiées.

La proportion d'azote est d'autant plus élevée que la variété est plus précoce : le Florence est constamment plus riche en azote que la Richelle, elle-même plus riche que le Mahon; les différences sont surtout accusées au début de la végétation; elles s'atténuent à la maturité. Cette constatation montre que les Blés précoces ont besoin de sols abondamment pourvus d'azote assimilable dès leur tallage, et qu'ils utilisent au maximum cet élément, lorsqu'il est disponible dans le sol. Nous verrons plus loin que la jachère travaillée, telle qu'elle est pratiquée en Tunisie, accumule précisément des quantités considérables d'azote nitrique dans le sol, à l'époque où s'exécutent les semailles. Les Blés tendres précoces utilisent au maximum cet azote, d'ailleurs fugace, qui tend à disparaître au cours de l'hiver. C'est probablement ce qui explique que les Blés précoces, malgré leur courte période de végétation, arrivent à donner des rendements bien supérieurs à ceux que permettent d'atteindre les Blés tardifs, contrairement à l'opinion *a priori*, courante avant la mise en culture de ces Blés précoces, que précocité et hauts rendements étaient inconciliables.

L'acide phosphorique et la potasse, dont la proportion varie peu, au cours de la végétation, dans les liquides du sol, ne se prêtent pas à des constatations analogues à celles que nous venons de faire pour l'azote.

---

(1) Résultats des analyses de M. YANKOVITCH, Chef de Travaux au Service Botanique.

TABLEAU 12. — **Développement des blés tendres, leurs besoins en substances minérales**

VARIÉTÉS	SUBSTANCES DOSÉES	COMPOSITION CENTÉSIMALE					QUANTITÉ EN KG. A L'HECTARE				
		9 janvier (tallage)	3 mars	Avril (floraison)	4 mai	Maturité	9 janvier (tallage)	3 mars	Avril (floraison)	4 mai	Maturité
				18 AVRIL					18 AVRIL		
Mahon 73..	Matière sèche °/₀ de poids frais	»	23,20	32,14	»	86	»	1385	5460	»	7310
	°/₀ de matière sèche — Azote	»	1.53	0,94	»	0,85	»	21,190	51,324	»	62,135
	°/₀ de matière sèche — $P^2 0^5$	»	0,54	0,38	»	0,36	»	7,479	20,748	»	26,316
	°/₀ de matière sèche — $K^2 0$	»	3,76	2,26	»	1,19	»	52,076	123,396	»	86,989
				14 AVRIL					14 AVRIL		
Richelle 110	Matière sèche °/₀ de poids frais	15,73	21,10	31 .	48,50	88,67	141	880	3,410	»	4210
	°/₀ de matière sèche — Azote	1,22	2,41	1,04	0,72	0,74	5,950	21,208	35,464	»	31,154
	°/₀ de matière sèche — $P^2 0^5$	1,68	0,98	0,44	0,44	0,30	2,369	8,624	15,004	»	12,630
	°/₀ de matière sèche — $K^2 0$	5,50	4,02	2,21	»	1,13	7,755	35,376	75,361	»	47,573
				4 AVRIL					4 AVRIL		
Florence 135...	Matière sèche °/₀ de poids frais	14,57	19,40	24,05	44,4	89,36	69,5	1820	5120	7680	8126
	°/₀ de matière sèche — Azote	5,80	2,85	1,38	1,17	1,14	4,031	51,870	70,656	89,856	92,686
	°/₀ de matière sèche — $P^2 0^5$	1,92	0,53	0,50	0,35	0,33	1,334	9,646	25,600	26,880	26,816
	°/₀ de matière sèche — $K^2 0$	5,57	4,47	2,86	»	1,38	3,871	81,354	146,432	»	112,139

Enfin, il est de règle générale, pour toutes les substances dosées (Az, P^2O^5, K^2O et CaO), que leurs proportions centésimales présentent leur valeur maximum au début de la végétation pour décroître progressivement au cours du développement des Blés.

La proportion de matière sèche s'accroît par contre régulièrement. Pour la même période de végétation, elle est d'autant moins élevée que le Blé est plus précoce, pour s'égaliser, à peu près, à la maturité. Les Blés précoces, contrairement à ce que l'on aurait pu penser, ont des tissus plus aqueux que les Blés tardifs, sans doute parce que leur appareil végétatif, plus réduit, évapore moins que celui des Blés tardifs, autre particularité très favorable à leur bon développement et à un rendement élevé.

Pour nous rendre compte des besoins des Blés en substances minérales aux différentes périodes de leur végétation, nous avons calculé ci-dessous les quantités relatives absorbées au tallage, à la floraison et à la maturité, en faisant égale à 100 la quantité maxima. Nous avons rapproché de nos chiffres ceux donnés par Garola [1] pour un Blé d'automne et un Blé d'hiver cultivés dans l'Eure-et-Loire :

	Mahon	Richelle	Florence	Blé d'hiver	Blé de print.
a) *Formation de la matière sèche* (*% du poids maximum*)					
Tallage.....	»	3,35	0,85	2,08	13,70
Floraison...	74,61	81	63	69	86,97
Maturité....	100	100	100	100	100
b) *Absorption de l'azote* (*% du poids maximum*)					
Tallage.....	»	17,2	4,36	3,42	14,83
Floraison...	86,50	100	75,17	70,18	100
Maturité....	100	89,26	100	100	80,90
c) *Absorption de l'acide phosphorique* (*% du poids maximum*)					
Tallage.....	»	15,79	4,98	3,78	20,14
Floraison...	78,83	100	98,50	74,38	74,21
Maturité....	100	84,20	100	100	100
d) *Absorption de la potasse* (*% du poids maximum*)					
Tallage.....	»	10,29	2,65	5,50	26,66
Floraison...	100	100	100	100	100
Maturité....	70,50	60,50	76,6	72,34	79,30

(1) Garola : *Céréales. Encyclopédie agricole.* Paris 1902.

Les chiffres ci-dessus sont très instructifs, car ils révèlent en quelque sorte le tempérament des Blés quant à leurs besoins en principes minéraux.

D'après les chiffres de Garola, le Blé de printemps se distingue du Blé d'hiver par une formation plus rapide de la matière sèche aux premiers stades de la végétation; par une absorption plus précoce de l'azote, dont le maximum est atteint dès la floraison, tandis qu'il se place à la maturité pour le Blé d'hiver. L'acide phosphorique et la potasse sont absorbés plus rapidement au début par les Blés de printemps, mais les deux maxima se trouvent coïncider pour les deux variétés : à la maturité pour l'acide phosphorique, qui est solidement fixé dans les tissus, à la floraison pour la potasse, qui abandonne les vieilles feuilles sous l'influence des pluies.

Le comportement des trois variétés de Blé tendre tunisien étudiées est le suivant :

Le Blé Mahon 73, dont il nous manque malheureusement les résultats relatifs à l'époque du tallage, présente un mode de végétation et des exigences qui le classent nettement dans les Blés d'hiver. Il est d'ailleurs tardif et ne réussit que sur semailles d'automne.

La Richelle 110 est demi-précoce, mais présente la particularité d'être très délicate pendant sa première période de végétation : elle craint le froid, l'humidité et demande à être semée de bonne heure à l'automne (voir chapitre I[er], Variétés de Blé). Les chiffres précédents montrent qu'elle forme sa matière sèche tardivement, tandis que ses besoins en azote, acide phosphorique et potasse sont ceux d'un Blé de printemps. La perte d'acide phosphorique entre la floraison et la maturité tient à la chute des feuilles inférieures (ce Blé se présente, à la moisson, presque dépourvu de feuilles).

Le Florence 135, bien que très précoce, se comporte comme un Blé d'hiver, ce qui explique sa très bonne adaptation à nos régions arides et son haut rendement, qui en est le résultat.

Il semble que cette détermination des besoins des Blés aux diverses périodes de leur végétation soit un excellent moyen de se rendre compte de leur aptitude à réussir sous un climat déterminé.

B. ACCIDENTS PENDANT LA VÉGÉTATION DU BLÉ

Le développement normal du Blé, tel que nous venons de le décrire, est sous la dépendance des facteurs physico-chimiques du milieu et se produit concurremment avec celui de nombreux organismes qui lui disputent la place (plantes adventices) ou qui vivent à ses dépens (végétaux et animaux parasites). Nous n'examinerons dans ce para-

graphe que les accidents de végétation dus au milieu physico-chimique, réservant pour un chapitre spécial (2e volume) l'étude des ennemis du Blé.

11. Verse

Cet accident consiste dans l'étalement plus ou moins complet des tiges à la surface du sol. Il se produit, soit de bonne heure, lorsque le Blé est encore à l'état gazonnant, avant l'allongement des tiges, soit plus tard, depuis le moment où les tiges sont formées jusqu'à la maturation.

Les causes et les effets de la verse sont différents suivant l'époque à laquelle cet accident survient.

La verse du Blé pendant qu'il est encore à l'état gazonnant tient à un trop grand nombre de pousses et de feuilles au mètre carré, provenant soit d'un semis trop dense, soit d'un tallage exagéré. Ce développement excessif ombre les entre-nœuds inférieurs, qui s'étiolent et s'allongent, car la lumière a une action retardatrice sur la croissance; leurs tissus sont formés de cellules allongées, à membranes minces, peu lignifiées, sans résistance; les tissus de soutien sont peu développés. Les jeunes pousses se couchent dans le même sens sous l'influence de la pluie et du vent ou s'enchevêtrent en tous sens si le temps est calme. Il se forme ainsi une sorte de feutrage, presque imperméable à la lumière, ce qui accentue encore la décoloration des parties privées de jour et provoque parfois la pourriture d'une partie des feuilles recouvertes. Cet état ne s'aggrave que si le temps se maintient longtemps à la pluie. Généralement, les plantes se redressent, au moment de la montée des tiges, sous l'influence du géotropisme négatif de ces organes et du phototropisme qui semble leur faire rechercher le maximum d'éclairement.

Les Blés à fort tallage, à feuilles larges, comme les Blés durs, le Blé de Mahon, le Baroota, sont les plus sujets à ce genre de verse, généralement passagère. Un hersage énergique, pratiqué sur un semis trop dense, un écimage léger, effectué peu après un tallage trop intense, peuvent empêcher cette verse. Le hersage a pour effet de retarder la végétation de quelques jours et de faciliter le durcissement de la base des tiges en donnant accès à la lumière. Une opération plus radicale, consistant à passer dans la culture un scarificateur qui ouvre de véritables sillons orientés N.-S., a été tentée avec succès par M. Cailloux à Souk-el-Khemis. Quant à l'écimage, il doit être pratiqué avant la verse, dès que la récolte couvre complètement le sol après le tallage. Il suffit souvent de couper quelques centimètres de longueur aux feuilles pour rompre le couvert et permettre la lignification rapide de la base des tiges. Un écimage tardif, bien que précédant la montée

des tiges, peut être dangereux si la sécheresse survient immédiatement.

Les Blés tendres précoces Florence et Irakié, ou demi-précoces comme la Richelle, ont des feuilles étroites, montent de bonne heure et ne sont guère sujets à verser en herbe.

Un développement exagéré des plantes adventices peut aussi provoquer l'étiolement des jeunes pousses, qui ne donnent que des tiges grêles et débiles. Le désherbage est le remède à cette situation; les tiges, libérées de leurs encombrants voisins, ne tardent pas à se redresser et à durcir leurs tissus.

Ce genre de verse est surtout fréquent dans les régions à forte pluviosité hivernale, lorsque les semailles ont été faites de bonne heure et lorsque le développement du Blé a été favorisé par un hiver doux. Dans les contrées moins pluvieuses, il est plus rare, ne présente aucune gravité et ne nécessite guère d'opérations culturales pour remédier à l'excès de végétation.

Lorsque des précipitations abondantes surviennent pendant la période de l'allongement des tiges, le poids d'eau dont elles surchargent l'appareil foliacé peut coucher le Blé, même lorsque le vent est trop faible pour ajouter son action mécanique à celle de la pluie. Les plus beaux champs de Blé présentent parfois un aspect lamentable après une forte pluie; des plaques plus ou moins étendues sont couchées, parfois dans des sens différents. Le mal est alors plus apparent que réel; il suffit de quelques jours de temps sec, d'un peu de vent pour évaporer ou secouer l'excès d'eau et le Blé se relève. Ce redressement est favorisé par la vitalité que conservent pendant longtemps les nœuds des tiges. Celles-ci se coudent plus ou moins haut et reprennent la direction verticale; le développement ultérieur n'est pas trop affecté par cette simple déformation des tiges.

Le mal est plus grand si une pluie torrentielle, fouettée par un vent violent, couche le Blé dans toute sa longueur au lieu de courber seulement les tiges; le redressement reste alors d'autant plus incomplet que la végétation est plus avancée. Si l'accident survient un peu avant ou après l'épiage, la floraison et la fécondation se font mal; les feuilles, en partie soustraites à l'action de la lumière, ne nourrissent pas normalement le grain et le dommage peut être considérable.

Contre *cette verse, due à l'action mécanique du vent et de la pluie*, il n'y a pas de remède absolu; aucune variété ne peut opposer une résistance illimitée à des intempéries excessives.

Les Blés très feuillés, sujets à la verse en herbe, sont aussi les plus susceptibles à la verse sous l'action combinée de la pluie et du vent. Cette disposition est accrue par un semis trop dense, un gros tallage, un grand développement des feuilles, la hauteur des tiges. Les semail-

les précoces, l'épandage trop hâtif des engrais azotés, le temps pluvieux et doux pendant l'hiver sont les causes de l'excès de végétation qui entraîne la verse. L'augmentation considérable de la fertilité des sols, par la mise en pratique des bonnes méthodes culturales et l'emploi des engrais, accroît le risque que courent nos céréales d'être plaquées sur le sol par le vent et la pluie.

La recherche de variétés résistantes à cette verse est assez difficile, parce que la rigidité de la paille ne se manifeste guère qu'après l'épiage. Les Blés à paille forte et courte qui résistent bien à la verse pendant la période de végétation qui suit l'épiage n'ont parfois pas une tenue plus satisfaisante que ceux à paille fine et souple à l'égard d'intempéries qui surviennent avant l'apparition des épis. Il est vrai que de tels accidents, sans être exceptionnels, restent peu fréquents; la période la plus critique correspond à l'épiage et, sous notre climat, c'est plus souvent l'insuffisance des pluies que leur excès qui risque de compromettre la végétation du Blé à cette époque.

Le Blé devient plus sensible à une *verse tardive et définitive* lorsque les épis ont pris du poids, par suite du grossissement des grains. Les fortes averses, qui tombent parfois pendant la maturation, couchent les récoltes, qui n'arrivent plus à se relever, parce que les nœuds inférieurs ont perdu toute vitalité et ne peuvent plus se couder.

Si les grains sont arrivés près du maximum de leur dimension, ils peuvent achever de mûrir, parce qu'ils ne reçoivent plus guère de réserves que de l'épi et de la partie supérieure de la paille, et le rendement n'est pas diminué. Nous avons vu des Blés tendres appliqués sur le sol, comme si un rouleau les avait uniformément couchés, donner plus de trente quintaux à l'hectare. On peut même dire qu'un peu de verse tardive, pour les variétés actuellement cultivées, est un indice de gros rendement. Cet accident complique la récolte, qu'il devient parfois impossible d'effectuer avec la moissonneuse-lieuse, parce que les pailles sont coupées à des hauteurs différentes et se lient mal; de nombreux épis sont projetés sur le sol au moment de l'éjection de la gerbe et la perte du grain peut être considérable. La moissonneuse-batteuse, au contraire, recueille tous les épis sur la toile d'alimentation du batteur et permet la récolte des céréales très versées, à la condition de proportionner la largeur de coupe au volume de paille qu'on est obligé de couper pour atteindre tous les épis.

Cette verse tardive ne diminue le rendement que si elle survient lorsque les grains sont encore assez loin de leur développement normal. Elle expose à la germination les grains des épis recouverts, lorsque la pluie persiste assez longtemps après la maturité, circonstance d'ailleurs rare en Tunisie.

La fréquence de la verse tardive s'est beaucoup accrue depuis quel-

ques années, par suite de l'augmentation de fertilité des terres, qui se traduit par des épis plus nombreux, plus gros et plus lourds. Elle est actuellement la rançon des hauts rendements. On peut dire qu'il n'y a guère de rendements supérieurs à 25 quintaux sans verse partielle et quelquefois totale. Pour éviter cet accident et diminuer les risques de verses plus précoces et d'ailleurs plus dangereuses, on en est réduit, dans certaines exploitations, à reculer la date des semailles, ce qui est un fâcheux pis-aller.

Il est donc hautement désirable de trouver, pour ces situations, des variétés de Blé plus résistantes à la verse; en outre de l'avantage résultant d'une moisson plus facile, ces variétés pourraient utiliser toute la fertilité déjà acquise et profiter même d'engrais complémentaires, ce qui leur permettrait d'atteindre de hauts rendements. Nous estimons au moins à cinq quintaux l'excédent de rendement maximum qui pourrait résulter de la culture de semblables variétés.

Le problème consiste donc à trouver des variétés à la fois très productives et très résistantes à la verse. Il s'est posé dans toutes les contrées où la culture des céréales a été très perfectionnée. En Tunisie, cette préoccupation n'existait guère il y a quinze à vingt ans; elle s'impose, avec un caractère d'urgence, pour beaucoup d'exploitations de la région Nord.

Les Blés tendres actuellement cultivés sont assez peu résistants à la verse tardive. Le *Blé de Mahon* est, de tous, le plus exposé en raison de sa haute paille, de son feuillage très développé, de la grosseur de ses épis. Le *Baroota*, comme le précédent, verse facilement en herbe, mais résiste mieux à la verse tardive, ce qui lui a valu rapidement la faveur des céréaliculteurs. La *Richelle hâtive*, moins feuillée que les deux précédents, se comporte assez bien quand le rendement ne dépasse pas 20 quintaux; elle n'est malheureusement pas à sa place dans les régions humides en hiver. Le *Florence* et l'*Irakié*, très précoces, échappent d'abord facilement à la verse par suite de leur tallage modéré, de leur rapide montée, de la finesse et de la souplesse de leurs tiges, d'ailleurs peu élevées, de leurs épis de taille petite ou moyenne; mais ils versent souvent, et complètement, pendant la maturation, sans que leur rendement s'en trouve trop défavorablement affecté. Le Pusa × Florence 588 résiste bien à la verse.

Il manque donc actuellement à la Tunisie des Blés tendres inversables, comme ils ont manqué à tous les pays producteurs de céréales tant qu'il n'en a pas été créé par le croisement.

Il a été nécessaire de poursuivre, par cette méthode, les buts suivants : raccourcissement de la paille, son augmentation en diamètre, raccourcissement de l'épi tout en augmentant la fertilité de ce dernier par une plus grande densité et un plus grand nombre de grains dans

chaque épillet. Ces caractères s'associent assez facilement chez les Blés tendres, car la diminution des entre-nœuds de la tige est généralement corrélative de celle des entre-nœuds de l'épi et de l'épaississement des chaumes. Il existe dans les Indes, en Chine, au Japon, beaucoup de formes du *Triticum vulgare* à paille courte, à épi court, dense, prolifique. Le *T. compactum* et le *T. sphaerococcum* présentent aussi ces caractéristiques et peuvent s'hybrider avec le *T. vulgare*.

En France et dans l'Europe septentrionale, on a créé depuis longtemps des Blés à « épi carré » (Squarehead). En Italie, divers hybrideurs, et en particulier Strampelli, ont obtenu des résultats remarquables en utilisant comme géniteurs des Blés locaux et des Blés japonais.

Beaucoup de ces obtentions ont été essayées au Service Botanique de Tunisie sans mériter d'être propagées, en raison d'autres défauts (résistance insuffisante à l'échaudage et à l'égrenage, etc...), explicables par la différence de climat.

De nombreuses hybridations de Blés tendres actuellement cultivés en Tunisie avec des Blés tendres chinois, japonais, indiens et avec des variétés du *Triticum sphaerococcum* ont été réalisées. Parmi les formes obtenues, un certain nombre présentent les caractères qui confèrent la résistance à la verse; il reste à savoir si elles possèdent également les autres qualités indispensables (précocité, productivité, résistance aux maladies et à la sécheresse, valeur boulangère du grain, etc...). Les lignées reconnues pures sont mises à l'essai dans les différentes régions de la Tunisie depuis les semailles 1929-1930; il est à prévoir, en raison de leur nombre assez élevé et de la qualité de leurs géniteurs, que quelques-unes d'entre elles se montreront susceptibles de remplacer avantageusement les variétés cultivées dans les régions exposées à des verses fréquentes.

Pour les Blés durs, la solution du même problème est moins avancée. La corrélation signalée chez les Blés tendres entre compacité de l'épi et faible longueur de la paille est beaucoup moins marquée chez les Blés durs. Le Biskri, à épi lâche, est plus haut que le Mahmoudi et le Hamira, à épi demi-dense, mais les Sbéis et les Mekkis, à épis très denses, sont pourvus de longues pailles. Tous les Blés durs sont également à feuilles larges, ce qui accroît leur disposition à la verse.

La sélection n'a réussi à isoler qu'une forme de Sbéi (n° 292) à paille plus rigide que les autres formes de Blé dur, mais encore insuffisamment résistante à la verse.

L'introduction de variétés étrangères a procuré quelques Blés durs à paille assez courte et à épis denses (Derbessi, Sindyouk, Mavrogani, Korani); mais elles présentent de graves défauts. Leur utilisation comme géniteurs dans des croisements avec les Blés durs du pays n'a

pas donné, jusqu'à présent, de gains très intéressants sous le rapport de la résistance à la verse.

D'autres croisements ont été réalisés entre les Blés durs et des formes du *Triticum pyramidale* provenant d'Egypte. Ces dernières formes sont à paille courte, à épi dense, à maturité demi-précoce, mais leur grain les rapproche des Poulards et mitadine facilement; beaucoup de lignées ont souffert de la rouille en 1930; il n'est pas possible de prévoir si des résultats intéressants sortiront de ces croisements encore récents.

En résumé, la verse des Blés en herbe se manifeste surtout dans les terres fraîches et fertiles du Nord; la verse pendant la maturation est plus généralisée; on peut prévenir la première par des hersages et par l'écimage et la seconde par la recherche ou plutôt la création de Blés à paille courte et rigide. Ce dernier desideratum semble pouvoir être réalisé à bref délai pour les Blés tendres; la question reste presque entière pour ce qui concerne les Blés durs.

12. Gel

Le gel du Blé pendant l'hiver, assez fréquent dans les régions de l'Est de la France à climat continental rigoureux, est inconnu en Tunisie. Par contre, le gel de cette céréale dans la période qui précède ou qui suit de quelques jours l'épiage n'a pas été signalé en Europe, tandis qu'il est assez fréquent dans le N.-W. des Etats-Unis, en Algérie, où il cause des dommages assez importants sur les Hauts-Plateaux, et il se produit de temps en temps en Tunisie, surtout dans les plaines un peu élevées des régions du Kef et de Maktar. La fréquence et la gravité de cet accident risquent d'ailleurs de s'accroître par suite de l'extension des cultures de Blés tendres précoces, sans mise au point préalable pour chaque région.

Une première étude des dégâts causés par les gelées de printemps sur les Blés durs et les Blés tendres (et les Orges) a pu être faite en 1929 sur des échantillons recueillis dans les régions de Saint-Cyprien, Montarnaud, Le Krib, Rohia, Ebba-Ksour, Le Kef (Bœuf et Chabrolin, 1929).

Des dégâts plus importants ont été constatés, en 1930, à la suite de la gelée du 20 avril, dans beaucoup de régions où les effets de la gelée n'avaient jamais été observés, de mémoire d'homme; ils ont atteint les Blés tendres et les Blés durs.

Pour le Blé tendre et pour le Blé dur, la gelée de printemps intéresse surtout l'épi et l'entre-nœud supérieur. L'extrémité des feuilles est parfois décolorée et desséchée, mais la céréale en est peu affectée; les nœuds peuvent aussi être atteints, ce qui provoque une verse spéciale.

L'épi du Blé est sensible à la gelée pendant une assez longue période qui s'étend d'une quinzaine de jours avant l'épiage jusqu'au moment où le grain est complètement formé. Cette dernière limite reste d'ailleurs imprécise, parce que les circonstances ne nous ont pas permis de constater l'effet de gelées assez tardives pour coïncider avec un état de végétation aussi avancé.

(Les standards de classification des Blés américains font mention de Blés gelés, c'est-à-dire arrêtés dans leur maturation par le froid.)

L'épi peut geler complètement dans la gaine, lorsqu'il n'a encore que le tiers de sa longueur et lorsque l'entre-nœud supérieur du chaume n'a qu'un centimètre, c'est-à-dire une quinzaine de jours avant la sortie de l'épi. La tige ne s'allonge plus, rien n'apparaît hors de la gaine. Comme toutes les talles ne sont généralement pas atteintes, sans que d'ailleurs nous puissions en donner une explication, cet effet de la gelée peut passer inaperçu; les tiges arrêtées net dans leur élongation sont considérées comme des talles retardataires n'ayant pas donné d'épi. Il faut ouvrir le tube formé par les gaines emboîtées pour trouver l'épi mort, devenu rapidement grisâtre ou brunâtre par suite de l'envahissement des tissus par des bactéries ou des champignons saprophytes (pl. IX, 1).

Quand l'épi est surpris par la gelée huit à dix jours avant l'épiage, il est déjà parvenu à sa longueur définitive, l'entre-nœud placé au-dessous de lui s'allonge presque normalement. Il peut alors porter des épillets détruits par la gelée, montrant tous les stades de développement : les uns, tués très tôt, sont représentés par des rudiments de glumes, blanches, minces et desséchées (pl. VIII, 1, 2, 5, 6, 7 et 8); d'autres ont atteint leur complet développement, mais leur ovaire a été détruit (pl. IX, 5, 6, 7, 8); d'autres enfin présentent tous les états intermédiaires de développement.

Les épillets atteints ont généralement toutes leurs fleurs tuées. Ils sont répartis tout le long du rachis de manière très diverse représentant tous les cas qu'il est possible d'imaginer : avortement complet, presque complet; avortement de la partie basale plus ou moins étendue de l'épi; avortement de la partie apicale sur une longueur très variable; avortement de la base et du sommet, le centre de l'épi étant normal; avortement de la partie médiane, les deux extrémités étant restées indemnes. Il n'y a parfois qu'un ou deux épillets détruits, placés n'importe où, ou bien qu'un ou deux épillets développés dont la position est tout aussi indéterminée. Tous ces cas se trouvent côte à côte dans le même champ n'ayant subi qu'une seule gelée.

Cette diversité dans la disposition et l'état de développement des épillets atteints est un peu déconcertante. Elle montre que la sensibilité des épillets s'étend sur toute la période de leur développement

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

et oblige à faire intervenir comme explication de leur comportement si variable à l'égard du froid une répartition irrégulière de la température. La hauteur différente des épis au-dessus du sol, la protection des épis contre le rayonnement nocturne qui peut provenir des feuilles et des tiges peuvent être invoquées, mais leur influence ne pourrait être précisée que par une expérimentation directe ou par des observations dans des circonstances tout à fait opportunes.

La tige présente souvent (pl. V, 6 et 7), mais non toujours, une partie décolorée, jaunâtre, la circonscrivant complètement à une distance variable de l'épi, correspondant, sans doute, à la zone de croissance au moment de la gelée.

On constate dans les jeunes tissus gelés un épaississement des parois des cellules, un rétrécissement correspondant de la cavité cellulaire et de grandes lacunes qui résultent d'une formation de glace entre les cellules. Chez les tissus plus âgés lors de la gelée, les lacunes seules existent.

Il faut comprendre également dans les effets de la gelée *l'avortement des ovaires seuls* dans des épis qui paraissent extérieurement normaux, alors qu'ils sont vides. Cette conséquence de la gelée a été constatée autrefois sur la Richelle hâtive, dans la région de Béja; en 1929, sur le Florence dans les régions de Saint-Cyprien, Massicault, Montarnaud; en 1930, sur du Baroota à Béja, sur du Mahmoudi à Souk-el-Khemis. Les glumes se couvrent souvent de taches noires, ainsi que l'entre-nœud supérieur dans sa partie visible et, à un degré moindre, les gaines des feuilles supérieures. Les parties de la tige incluses dans les gaines en sont toujours indemnes. Ces taches noires correspondent à la destruction du tissu chlorophyllien. Les tissus morts renferment souvent d'abondantes bactéries produisant des exsudats jaunâtres à la surface des organes. La culture de ces bactéries a montré qu'elles ne peuvent être confondues avec le *Bacterium translucens undulosum*, agent du Black Shaff, maladie des glumes noires, qui produit des lésions comparables.

L'*importance des dégâts* causés par la gelée est très variable et peut aller jusqu'à une destruction presque complète de la récolte de grain. Pour s'en tenir au Nord de l'Afrique, on peut citer des rendements réduits à un quintal à l'hectare dans la région de Sétif en 1882 (Varlet), une réduction de moitié du rendement avec destruction complète dans les bas-fonds dans la même région en 1892 (Ryff); des rendements réduits à 2-3 quintaux (au lieu de 12-15 escomptés), la même année, dans la plaine d'Eghris à Mascara; baisse de plus de moitié du rendement dans les régions de Bel-Abbès, du Sersou, le sud de l'arrondissement de Sétif et une partie de celui de Batna en 1928 (Vivet); réduction du rendement à 2-3 quintaux dans les régions du Kef,

Ebba-Ksour et Mactar en 1928; perte d'environ moitié du rendement dans un champ d'Irakié, au Krib, en 1929 (19 qx 7 à l'hectare sur 7 hectares gelés dans la partie basse du champ, contre 31 qx 5 à l'hectare sur 6 hectares dans la partie haute du même champ.

Les *conditions de température* qui déterminent le gel tardif du Blé ne sont pas bien précisées parce qu'il serait nécessaire de placer des thermomètres dans les champs, à la hauteur moyenne des épis. Les températures données par les thermomètres sous abri, à 2 mètres du sol, dans les stations météorologiques, sont supérieures de plusieurs degrés à celles qui règnent à faible hauteur du sol et à l'air libre, par temps de gelée. Il semble résulter d'observations faites en 1929 qu'une faible gelée, grillant seulement l'extrémité des jeunes pousses de vigne, suffit pour atteindre un Blé très sensible comme le Florence; dès que la température descend au-dessous de zéro, elle devient dangereuse pour le Blé.

Les bas-fonds, où s'accumule l'air froid qui glisse le long des pentes, sont toujours les plus atteints.

Les seuls moyens pratiques de se prémunir contre les effets de la gelée semblent être actuellement le choix des variétés et les précautions d'ordre cultural. Les stations de génétique des régions à hivers rigoureux (Suisse, Alsace, Ardennes, etc...) ont sélectionné des variétés résistantes aux froids persistants et rigoureux de l'hiver. Il paraît plus difficile d'obtenir des Blés dont le jeune épi, en voie de formation, très fragile, soit susceptible de supporter les gelées tardives de printemps. En Algérie, le Blé dur « Langlois » se serait montré particulièrement résistant aux gelées (Vivet). L'installation de champs d'essais de variétés dans les régions d'altitude élevée, en Tunisie, permettra d'établir le comportement des diverses variétés à cet égard.

L'emploi de variétés précoces, ayant formé leur grain de bonne heure, a parfois été recommandé comme moyen d'échapper aux gelées de fin avril-début de mai, mais la culture est alors exposée aux gelées survenant aussi souvent en mars-début d'avril. Il nous semble préférable de cultiver, dans les situations où la gelée est à craindre, des variétés à épiage tardif. Il faut que ces variétés achèvent ensuite rapidement leur évolution pour échapper aux risques d'échaudage. Ce problème, un peu complexe, n'est pas insoluble, au moins pour les Blés tendres. Les variétés indigènes des régions montagneuses chaudes possèdent probablement les qualités recherchées. Il convient de s'en assurer et de les croiser avec d'autres variétés pour en corriger les défauts.

Les Blés tendres très précoces, comme le Florence et l'Irakié, ne doivent jamais être semés dans les bas-fonds et leurs semailles ne seront pas commencées avant le 15 novembre. En cas d'automne

chaud et sec, il est même prudent de retarder leur mise en terre jusqu'à fin novembre pour éviter une montée trop hâtive, qui se fait au détriment du tallage, et qui exagère la précocité de l'épiage.

Ces conseils n'ont pas la prétention d'apporter une garantie absolue contre les gelées de printemps: elles surviennent parfois assez tard pour être nuisibles aux Blés durs, cependant tardifs. Faute de pouvoir parer à toutes les éventualités, il faut se contenter de se prémunir contre les plus fréquentes.

13. Avortement des épillets

Nous avons vu, en parlant de la formation de l'épi, que l'avortement d'un certain nombre d'épillets de la base est très fréquent. Cet accident se produit de bonne heure, pendant que l'épi est encore engagé dans la gaine, et il est plus ou moins complet; les glumes sont tantôt très réduites, tantôt de dimensions se rapprochant de la taille normale. Le plus souvent, toutes les fleurs de chaque épillet sont stériles; il est assez rare d'y trouver une graine isolée.

Cet avortement a pour cause l'insuffisance de nutrition de la plante à un moment où la croissance est accélérée par suite de la formation de l'épi et de l'élongation de la tige. Aussi, toutes les circonstances qui accentuent ce déficit alimentaire accroissent-elles le nombre des épillets avortés : grand nombre d'épis à l'unité de surface par suite d'un semis trop dense ou d'un gros tallage, sol naturellement pauvre ou mal travaillé, insuffisance de l'approvisionnement du sol en eau, vents desséchants à l'époque du développement de l'épi: attaque précoce de rouille (*Puccinia glumarum*) ou développement abondant de l'Oïdium (*Erysiphe graminis*), du *Septoria* ou des *Ascokyta*, qui dessèchent les feuilles et en épuisent les réserves. La plupart de ces causes déterminantes se trouvent réunies lorsque l'hiver et le début du printemps sont peu pluvieux et ensoleillés.

Pour se prémunir contre cet avortement de la base des épis, qui porte parfois sur un tiers du nombre des épillets, il y a lieu d'en supprimer les causes, dans la mesure du possible, par les pratiques suivantes (Perrin, 1930) : éclaircir une culture trop dense par un hersage aussitôt après le tallage; si l'écimage est nécessaire contre la verse en herbe, l'effectuer assez tôt, avant que la tige ne commence à s'allonger, sans quoi cette opération serait une cause d'épuisement qui affecterait défavorablement la formation des épillets: assurer la fertilité et l'humidité du sol par une bonne préparation et par l'emploi d'engrais, particulièrement des engrais azotés solubles appliqués cinq à six semaines avant l'épiage.

Il existe, chaque année, des différences assez marquées entre les

diverses variétés, au point de vue de l'avortement des épillets de la base des épis. Il est assez difficile de dire s'il s'agit vraiment de dispositions héréditaires ou seulement d'influences physiques s'exerçant plus spécialement sur certaines variétés que sur d'autres en raison de leur état de végétation à un moment donné. Une variété hâtive peut souffrir d'une sécheresse précoce qui n'affectera pas une variété tardive profitant d'une pluie survenant au moment opportun pour elle, alors que les constatations seront inverses si la sécheresse ne devient réelle qu'à l'époque où la variété tardive aurait besoin d'humidité. Il faut des essais comparatifs, durant plusieurs mois, comportant des relevés météorologiques précis, la mesure de l'humidité et de la température des sols pour que l'on puisse se faire une idée exacte des dispositions héréditaires des variétés de Blé à présenter l'avortement de la partie basale de l'épi.

Des expériences faites en France (Quittet, 1930), sur hybride Vilmorin 23, ont amené leur auteur à conclure que l'avortement basal correspond à l'absence ou à la rareté des vaisseaux conducteurs passant du rachis dans les épillets, que cet accident est peu influencé par le nombre d'épis par pied, même par la suppression précoce de toutes les talles sauf une, que l'alimentation est un facteur secondaire, que l'avortement est un caractère fluctuant, à moyenne héréditaire, influençable, dans une faible mesure, par le milieu.

14. Echaudage

Nous avons indiqué le mode de développement normal du grain depuis la fécondation jusqu'à la maturité complète. Pour que le grain atteigne son poids maximum, il est nécessaire que la migration des réserves accumulées dans les feuilles, dans la tige et les glumes, vers l'embryon et l'albumen de la graine, dure assez longtemps. Elle ne se produit que si les organes nourriciers du grain restent vivants. La croissance de ce dernier peut être brusquement arrêtée par une dessiccation rapide des organes végétatifs. Ce phénomène est l'*échaudage*, dont les effets, très brusques, sont faciles à distinguer de ceux d'une sécheresse persistante.

L'échaudage survient à la suite de vents chauds, ou même, en l'absence du siroco, à la suite de pluies légères suivies de coups de soleil. Les épis se dessèchent: dans les variétés à barbes noires, celles-ci restent incomplètement colorées et même blanches. La dessiccation générale des plantes suit de près celle des épis. Suivant l'état de grossissement des grains, le dommage est variable et peut aller de la perte presque complète de la récolte, si le grain est encore à l'état laiteux, à une réduction assez faible du rendement, si le grain est

près de sa maturité. L'échaudage est, plus peut-être que la sécheresse, redouté des céréaliculteurs nord-africains.

Son mécanisme est assez mal connu parce qu'il est difficile de l'étudier dans ses détails en raison de la brusquerie du phénomène. Il semble pouvoir être schématisé de la manière suivante.

Les radiations solaires sont absorbées surtout par les parties de la plante colorées en vert, la chlorophylle jouant le rôle d'écran absorbant. Une petite partie de l'énergie est utilisée par la photosynthèse (élaboration de substances organiques aux dépens du carbone prélevé dans l'anhydride carbonique de l'air, de l'eau et des substances minérales venant du sol): la plus grande partie élève la température des tissus, qui sont plus ou moins riches en eau, suivant qu'ils sont jeunes ou âgés. Cette eau s'évapore suivant les lois physiques du phénomène de l'évaporation, et la vapeur d'eau ainsi formée tend à se dégager dans l'atmosphère. Il faut noter que cette évaporation de l'eau consomme un nombre considérable de calories (environ 600 par gramme d'eau évaporée), ce qui empêche l'échaudement des organes verts et leur permet de conserver une température compatible avec leur fonctionnement. Cette perte d'eau est compensée par l'afflux du liquide absorbé par les racines. Si perte et gain, transpiration et absorption, sont d'égale valeur, la plante conserve sa teneur en eau. Si la transpiration l'emporte, la plante ne tarde pas à se faner. Des régulateurs de la transpiration défendent d'ailleurs la plante contre cette éventualité qui met sa vie en péril. Sa surface est peu perméable à la vapeur d'eau (aux gaz en général), parce que l'épiderme est formé de cellules jointives dont la paroi extérieure est cutinisée et revêtue très souvent d'une couche cireuse. Les principales portes de sortie des gaz, au moins chez les plantes adultes, sont les stomates, donnant accès dans une cavité (chambre sous-stomatique) creusée dans l'épaisseur de la feuille. L'ouverture des stomates se retrécit quand la feuille perd beaucoup d'eau, ce qui restreint la transpiration. La concentration progressive des liquides de la plante oppose également un obstacle au départ de l'eau, d'après la loi de l'osmose. Cette concentration devient rapidement très grande dans le grain, ce qui lui permet de rester la dernière partie vivante de la plante alors que tous les autres organes sont desséchés.

Par temps calme, la vapeur d'eau qui s'échappe de la plante crée autour d'elle une atmosphère humide qui restreint l'évaporation. Mais si le sirocco vient emporter cet air humide et le remplace constamment par de l'air sec et chaud, l'évaporation s'intensifie au delà des possibilités d'action des mécanismes régulateurs. Les racines déjà vieillies, plongeant dans un sol pauvre en eau, ne peuvent plus suffire à compenser l'évaporation par une absorption d'égale valeur. Dès que l'équilibre est rompu, l'approvisionnement de la plante en

eau s'épuise rapidement; les tissus ne sont plus rafraîchis par l'évaporation, leur température s'élève, entraînant brusquement leur mort et leur dessiccation.

Il est probable, pour ne pas dire certain, que la lumière joue également un rôle dans l'échaudage, au moins dans certains cas; cette étude reste à faire. Les végétaux, comme les animaux, sont adaptés à la lumière solaire normale de la région qu'ils habitent. Lorsque la composition de la lumière varie, ou lorsque se modifie l'absorption, par les téguments extérieurs, des radiations des diverses longueurs d'onde, il en résulte des troubles accidentels. Les rayons violets et ultra-violets sont rapidement mortels pour les êtres inférieurs et blessent la peau des animaux lorsqu'ils la pénètrent en trop grande quantité. La peau est défendue contre eux par sa pigmentation et par l'épiderme qui arrête l'ultra-violet solaire à la manière d'une vitre. D'autre part, les rayons infra-rouges sont antagonistes des ultra-violets. On traite l'érythème solaire (le coup de soleil) et on dépigmente la peau par les rayons infra-rouges. Le coup de soleil est plus fréquent d'ailleurs à grande altitude qu'en plaine, parce que la température y est plus basse. Il suffit d'avoir la peau mouillée pour qu'elle soit plus sensible au coup de soleil et à la pigmentation consécutive, parce que l'eau arrête l'infra-rouge.

Lorsqu'une légère pluie d'été mouille le Blé pendant la période de maturation, elle arrête aussi l'infra-rouge et le grillage des épis est peut-être la conséquence du déséquilibre dans les absorptions des radiations solaires. Cette assimilation entre l'échaudage des végétaux et le coup de soleil des animaux est encore hypothétique; elle présente beaucoup de vraisemblance. Il faut remarquer aussi que l'eau, en mouillant les membranes végétales, les rend plus perméables aux gaz et facilite l'évaporation de l'eau.

Enfin, il existe une cause d'*échaudage de nature parasitaire* dont il convient de dire quelques mots, parce qu'elle détermine des accidents qui ne sauraient être expliqués par les considérations qui précèdent.

On observe assez souvent, lorsque la sécheresse rend la maturation du Blé difficile, la dessiccation de *pieds entiers* irrégulièrement répartis dans les champs ou groupés en taches plus ou moins étendues [1]. L'examen de ces pieds morts permet de constater que les racines sont envahies par un champignon, que la base des chaumes est brunie et porte, si le temps est humide, une sorte de poussière rosée, constituée par les fructifications d'un Fusarium que l'on rattache au *Melanos-*

(1) Ne pas confondre cet accident avec la dessiccation d'*épis isolés* survenant beaucoup plus tôt, sans que la sécheresse puisse être incriminée, due au sectionnement de la tige par une larve de noctuelle, dans la gaine, au-dessus du dernier nœud.

pora damnosum. Il est probable que ce champignon envahit fréquemment les racines du Blé; il ne devient dangereux que si la sécheresse affaiblit la céréale. Si le déficit en eau se manifeste avant l'épiage, les pieds atteints se dessèchent lentement, parfois sans épier, et sont disposés par taches correspondant sans doute aux parties les plus sèches du champ. Si le manque d'eau se produit pendant la maturation, s'il est accentué par le vent chaud, les pieds les plus atteints meurent brusquement, ce qui produit un échaudage en ordre dispersé, plus ou moins grave, atteignant plutôt les Blés durs que les Blés tendres.

Un autre champignon, l'*Ophiobolus graminis*, produit également un échaudage très semblable à celui que nous venons de décrire. Cette maladie, appelée piétin-échaudage, sera étudiée au chapitre des Ennemis du Blé (vol. II). Depuis quelques années, elle cause des dommages assez sérieux en Tunisie, sur les Blés durs et sur les Blés tendres. Elle brunit la base des chaumes et les gaines inférieures et les recouvre de plaques noirâtres.

L'échaudage est peut-être l'accident le plus redouté des céréaliculteurs nord-africains, et la recherche des moyens propres à en éviter les fâcheuses conséquences a été l'une de nos principales préoccupations dans le choix et la création des variétés de Blé.

Une maturation précoce, avant l'époque habituelle des vents chauds, la réduction de la taille et de l'appareil foliacé, en vue de diminuer l'évaporation, paraissent être les conditions à remplir pour qu'un Blé ait le plus possible de chances de résister à l'échaudage.

Il existe probablement des caractères morphologiques et anatomiques propres aux variétés les plus résistantes; leur recherche en est encore peu avancée. Pour les Blés tendres, des glumes épaisses, fortement attachées au rachis, donnant à l'épi un toucher rude, l'absence de barbes, nous paraissent correspondre à une bonne résistance à l'échaudage et à l'égrenage. Le Florence et l'Irakié, très précoces, la Richelle hâtive, présentent sous ce rapport d'indéniables qualités qui leur ont valu la faveur des céréaliculteurs. Le Baroota et le Mahon sont déjà plus sensibles, tout en restant de beaucoup supérieurs aux Blés durs. Nous avons déjà dit que ces derniers étaient tous très feuillés et que la recherche ou la création de variétés précoces se heurtaient à de grandes difficultés.

La bonne préparation des terres, en augmentant et en conservant leur approvisionnement en eau, est un palliatif de premier ordre à l'échaudage. L'augmentation de la richesse du sol en azote par la jachère bien travaillée, l'apport d'engrais azotés au printemps, risquent, par contre, d'augmenter la sensibilité du Blé à cet accident. Ils doivent avoir comme correctif un semis assez dense pour qu'il y

ait peu de tallage et pour que la maturité soit avancée par la densité même de la récolte. Il n'y a pas lieu de s'inquiéter du léger échaudage des barbes qui en résulte parfois; c'est plutôt un indice de bon rendement. Les barbes des Blés durs ne deviennent complètement noires que dans les récoltes trop claires. Un peu d'échaudage et un peu de verse témoignent que le nombre des épis à l'unité de surface atteint le maximum.

15. Mitadinage

Le grain de Blé dur normalement mûri présente une cassure cornée, vitreuse, il est translucide: le grain de Blé tendre a une texture farineuse et reste opaque. Quelques Blés tendres précoces, comme le Florence et surtout l'Irakié, ont une texture intermédiaire et peuvent même être employés à la fabrication de petite semoule. Les Blés du Canada et des Etats-Unis classés sous la dénomination « hard » sont des Blés tendres à grain durci et c'est dans cette catégorie que se placent les Blés les plus réputés pour leur haute valeur boulangère.

Dans certains cas, le grain de Blé dur reste farineux, soit en totalité, soit partiellement. Cette anomalie est le *mitadinage*.

Lorsque le grain de Blé dur est entièrement mitadiné, il prend l'apparence d'un grain de Blé tendre, tout en conservant cependant ses dimensions et sa forme particulière, ce qui en permet la distinction. Il est d'ailleurs toujours plus blanc qu'un vrai Blé tendre, parce que ses enveloppes sont plus minces. Le plus souvent la partie blanche et tendre forme une ou plusieurs plages de dimensions et d'emplacement variables. Aucune règle ne peut être déduite de l'examen des grains.

Dans un épi, le nombre des grains mitadinés et leur distribution sont absolument quelconques et ne correspondent pas à l'ordre de floraison des fleurs d'un épillet, ni des épillets dans l'épi. Dans un pied à plusieurs tiges, le mitadinage est souvent inégal suivant les épis, sans aucune concordance avec leur ordre de naissance.

La disposition des variétés à présenter des grains mitadinés est assez variable. Dans nos sélections, nous avons dû éliminer des variétés comme Derbessi, Agili 171, Real Forte, très sujettes à présenter cet accident. Ces variétés sont d'ailleurs à grains courts et se rapprochent, par ce caractère, des Poulard (*Triticum turgidum*), qui mitadinent très facilement.

Le mitadinage d'une même variété représentée par une lignée pure est très différent d'une année à l'autre. A peu près complètement absent lorsque la maturation a lieu par temps sec et lorsque le sol est pauvre en eau, le mitadinage se manifeste lorsque le sol est humide

(par suite de pluie ou d'irrigation) et lorsqu'il tombe des averses pendant la maturation. On ne le constate pas quand celle-ci est brusquée par l'échaudage. Quelles sont les actions respectives de l'eau du sol, de l'eau qui mouille le grain, et de l'humidité atmosphérique ? Il est actuellement impossible de le préciser. L'expérimentation directe serait nécessaire pour en décider. L'aspect blanc opaque et la texture farineuse proviennent de la présence d'air entre les grains d'amidon, tandis que la texture cornée et l'aspect translucide résultent de l'absence d'air interposé, les grains d'amidon se trouvant exactement enchâssés dans de la matière protéique pour former une masse compacte.

Il semble que le mitadinage puisse provenir de la présence d'un excès d'eau dans le grain lorsque s'achève la maturation. La disparition ultérieure de cette eau par dessiccation n'est pas suivie d'une contraction correspondante des tissus de l'albumen, et il se produit des vides qui se remplissent d'air. Lorsqu'on mouille des grains de Blés durs, ils prennent d'ailleurs l'aspect de grains tendres.

Au point de vue de leur emploi comme semences, les grains de Blés durs mitadinés ne présentent aucune infériorité par rapport aux grains normaux; leur faculté germinative n'est pas diminuée et ils ne transmettent aucune autre disposition particulière au mitadinage que celle qui appartient en propre à la variété. On peut obtenir, d'une semence complètement mitadinée, une récolte exempte de ce défaut, si les conditions météorologiques sont favorables à une maturation normale, et inversement.

La valeur industrielle des Blés durs se trouve diminuée par le mitadinage des grains, les parties tendres se réduisant en farine dont la valeur est généralement moindre que celle de la semoule.

Le seul moyen de restreindre le mitadinage paraît être la recherche de variétés peu sujettes à cet accident. Dans les régions où il est fréquent, dans les sols irrigués, la culture des Blés tendres peut être préférée à celle des Blés durs.

Dans les essais géographiques des diverses plantes cultivées sur le territoire de l'U. R. S. S., Vavilov (1927) a constaté que *Triticum persicum* conserve sa vitrosité sous toutes les latitudes. Nous avons actuellement à l'essai, dans les champs d'expérience régionaux, des hybrides *Tr. durum* × *Tr. persicum*, afin de rechercher les lignées qui auraient pu acquérir cette heureuse disposition.

Les Blés tendres à grain dur (Florence, Irakié, Florence × Aurore et Pusa × Florence en Tunisie) sont susceptibles de mitadiner dans les mêmes conditions que les Blés durs. Leur transformation habituelle en farine rend cet accident sans grande importance.

16. Egrenage

La chute des grains se produit spontanément chez certaines variétés à glumes minces et molles, se détachant elles-mêmes de l'épi sans le moindre effort. A la maturité, et parfois lorsque le contenu du grain est encore pâteux, il suffit de passer la main sur l'épi pour en détacher bon nombre de glumes, de glumelles et de grains. De telles variétés sont exposées à un égrenage important sous l'action du vent. Cette disposition nous a fait éliminer les variétés du Midi de la France et de nombreuses variétés étrangères, malgré une précocité et une productivité très satisfaisantes.

Parmi les Blés tendres actuellement cultivés en Tunisie, aucun ne perd spontanément ses glumes, ses glumelles et ses grains, mais plusieurs s'égrènent sous l'influence d'un vent violent, particulièrement le Baroota et le Mahon. Le Florence est susceptible de s'égrener au moment de la récolte, lorsque la maturité normale est dépassée. L'Irakié est un peu plus résistant et la Richelle présente une telle résistance à l'égrenage qu'elle offre quelques difficultés à un battage complet des épis.

Dans la sélection des variétés nouvelles issues de croisements, il convient d'apporter beaucoup d'attention à la résistance des épis à l'égrenage. On l'apprécie assez bien en serrant les épis dans la main; ceux qui sont rudes, durs, possèdent des glumes épaisses, rigides, se désarticulant difficilement du rachis. On observe tous les degrés dans la résistance à l'égrenage jusqu'à l'impossibilité presque complète d'extraire les grains par le battage des épis à la main. Il semble qu'il sera facile de trouver des variétés de Blés tendres ne présentant aucun risque d'égrenage sur pied.

Quant aux Blés durs, ils présentent tous une bonne résistance et ne nécessitent aucune amélioration à ce point de vue.

2e Partie — LE MILIEU PHYSICO-CHIMIQUE

IV. CONDITIONS NATURELLES DE LA PRODUCTION DU BLÉ

A. Climat :

1. Facteurs déterminants du climat. — 2. Pluies.

B. Sol :

3. Mécanisme bio-physico-chimique de la formation du sol agricole. — 4. Caractères particuliers des sols arides. — 5. Aptitude des sols à la culture du Blé.

C. Relations entre le Sol et l'Eau :

6. Etats de l'eau dans le sol : a) Eau hygroscopique; b) Humidité moléculaire; c) Eau de capillarité; d) Eau de gravitation. — 7. Equilibre de l'eau dans le sol : a) Equilibre dans un sol homogène; b) Equilibre dans un sol formé d'horizons différents. — 8. Mouvement de l'eau liquide dans le sol : a) Mouvement descendant; b) Mouvement ascendant. — 9. Humidité relative de l'atmosphère souterraine. — 10. Condensation, dans le sol superficiel, de la vapeur d'eau atmosphérique. — 11. Mouvement de la vapeur d'eau dans le sol et le sous-sol : a) Cause. Vérification expérimentale; b) Variations de la température du sol; c) Mouvement journalier de la vapeur d'eau dans le sol; d) Mouvement saisonnier de la vapeur d'eau dans le sol. — 12. Formation de nappes d'eau souterraines : a) Infiltration d'eau liquide; b) Condensation de la vapeur d'eau.

Le milieu naturel agit sur le développement du Blé par ses facteurs physico-chimiques : température et humidité de l'air et du sol, lumière, intempéries accidentelles, constitution physique et composition chimique du sol.

L'intensité des facteurs climatériques et le rythme de leurs variations suivant la latitude, l'altitude, la proximité ou l'éloignement de la mer et du Sahara caractérisent des régions naturelles assez différenciées, dans lesquelles la culture du Blé rencontre des conditions plus ou moins favorables, qui conditionnent pour une grande part le rendement.

L'influence de la nature du sol est moins prépondérante, grâce aux correctifs que constituent les travaux de culture et l'emploi des engrais.

A. CLIMAT

1. Facteurs déterminants du climat

Par sa situation entre les 32e et 38e degrés de *latitude* Nord, la Tunisie se trouve comprise dans la zone tempérée chaude.

La *Méditerranée*, qui baigne ses côtes au Nord et à l'Est, sur environ 1.200 kilomètres, agit profondément sur son climat au point de vue de la température, de l'humidité de l'air et de la pluviosité. Les grandes masses d'eau, variant très lentement de température, constituent de véritables régulateurs thermiques pour les contrées littorales. L'évaporation enrichit l'atmosphère en vapeur d'eau, circonstance en elle-même favorable à la végétation et qui a pour autres conséquences d'absorber une fraction importante de l'énergie calorifique de la radiation solaire et d'entraver la perte de chaleur par rayonnement de la surface du sol. Les vents soufflant du N.-W., du N., du N.-E. et de l'E. se chargent d'humidité que leur ascension des massifs montagneux précipite en pluies.

Le *Sahara*, formant les confins de la Tunisie au S.-E., au S. et au S.-W., joue un rôle inverse; il réduit l'influence heureuse du climat maritime des régions côtières et accentue le continentalisme des régions ouvertes aux vents chauds et secs soufflant de ces directions.

Ces actions contraires de la Mer et du Désert jouent alternativement pendant des périodes de durée très variable, ce qui donne au climat de la Régence une très grande irrégularité et expose les cultures à des aléas d'autant plus graves que les influences désertiques s'exercent plus souvent et avec plus d'intensité.

Les effets de ces facteurs généraux du climat sont plus ou moins modifiés par le *relief du sol*, qui détermine des variations locales, surtout importantes au point de vue du régime des pluies.

Les principaux massifs montagneux de la Tunisie, prolongement de l'Atlas saharien, sont orientés du S.-W. au N.-E.; seul le massif méridional des Matmatas est orienté du N.-W. au S.-E.

Les sommets sont peu élevés :

Massif septentrional, formé par la Kroumirie, les Neïzas, les Mogods, ne dépassant 1.100 mètres qu'au Feidja, atteignant 1.014 mètres à Aïn-Draham pour s'abaisser progressivement jusqu'à Bizerte;

Chaîne centrale jalonnée, de Tébessa au Cap-Bon, par les djebels Chambi (1.590 mètres), Semmama (1.313 mètres), Serdj (1.375 mètres), Bargou (1.260 mètres), Djouggar (1.170 mètres), Zaghouan (1.298 mètres), Abder-Rahmane (637 mètres);

Hauts-Plateaux réunissant, à l'Ouest, la chaîne centrale au massif septentrional, dépassant un peu 1.000 mètres aux sommets, avec des plaines comprises entre 500 et 800 mètres;

Chaîne secondaire se détachant de la chaîne principale à l'Ouest de Gafsa avec les djebels Oum-el-Alleg (1.120 mètres), Orbata (1.170 mètres) et plusieurs chaînes qui viennent mourir aux confins Ouest des Sahels de Sousse et de Sfax.

Cette orientation du système orographique tunisien exerce une action profonde sur les régimes méditerranéen et saharien, qui conditionnent le climat de la Régence.

Les *vents* humides du Nord-Ouest abordent immédiatement le massif septentrional, se refroidissent pendant leur ascension et y déversent des pluies abondantes, favorables au développement des forêts, des herbages, souvent excessives pour les céréales.

Après avoir traversé la vallée de la Medjerdah, qu'ils arrosent déjà irrégulièrement, ces vents rencontrent perpendiculairement la chaîne centrale, s'y dépouillent du reste de leur humidité et descendent dans les plaines du Centre et du Sud, desséchés et réchauffés par leur descente même et la condensation de leur vapeur d'eau [1]. Aussi, ces dernières régions ne participent-elles que très imparfaitement et irrégulièrement du régime méditerranéen. Par contre, elles sont parfois mieux arrosées que les autres par les pluies qui accompagnent les vents d'Est, malheureusement peu fréquentes.

Les vents secs et chauds venant du Sahara, des directions S. et S.-W., ne trouvent aucune barrière transversale sérieuse sur leur parcours; ils glissent entre les chaînes montagneuses parallèles à leur propre direction et règnent sur l'ensemble du pays. Seule, la presqu'île du Cap-Bon est un peu privilégiée par sa situation, les vents du Sud se chargeant d'humidité sur le golfe d'Hammamet avant de l'atteindre.

---

(1) L'air en s'élevant se dilate et se refroidit; en descendant des montagnes dans les plaines, il se contracte et s'échauffe. La condensation d'un gramme de vapeur d'eau en liquide dégage environ 600 calories, la transformation inverse les absorbe.

2. Pluies

L'influence de la configuration du système orographique de la Tunisie sur la répartition des pluies est traduite par les cartes publiées par le Service Météorologique Tunisien pour la période 1901-1930 que ce Service nous a obligeamment autorisé à reproduire ici. Les lignes isohyètes (d'égale pluviométrie) de 400^{mm} et au-dessus sont orientées dans le même sens que les chaînes montagneuses et montrent la décroissance des précipitations du N.-W. au S.-E. La ligne de 300^{mm} et celle de 200^{mm} s'infléchissent vers le S.-E. en s'approchant de la mer, sans doute par suite des pluies supplémentaires que reçoit le littoral par vents d'Est.

La distribution des pluies d'automne et d'hiver suit à peu près les mêmes règles, montrant la prédominance du régime méditerranéen. Au printemps, le régime saharien se marque déjà nettement par le relèvement jusqu'au Nord de Tunis de la ligne de 100^{mm} qui épouse ainsi la forme de la chaîne centrale. Enfin, en été, toute la Régence est à peu près dépourvue de pluie. Seuls, la Kroumirie et les Hauts-Plateaux reçoivent une moyenne de 50^{mm} de pluie pendant les mois de juin, juillet et août.

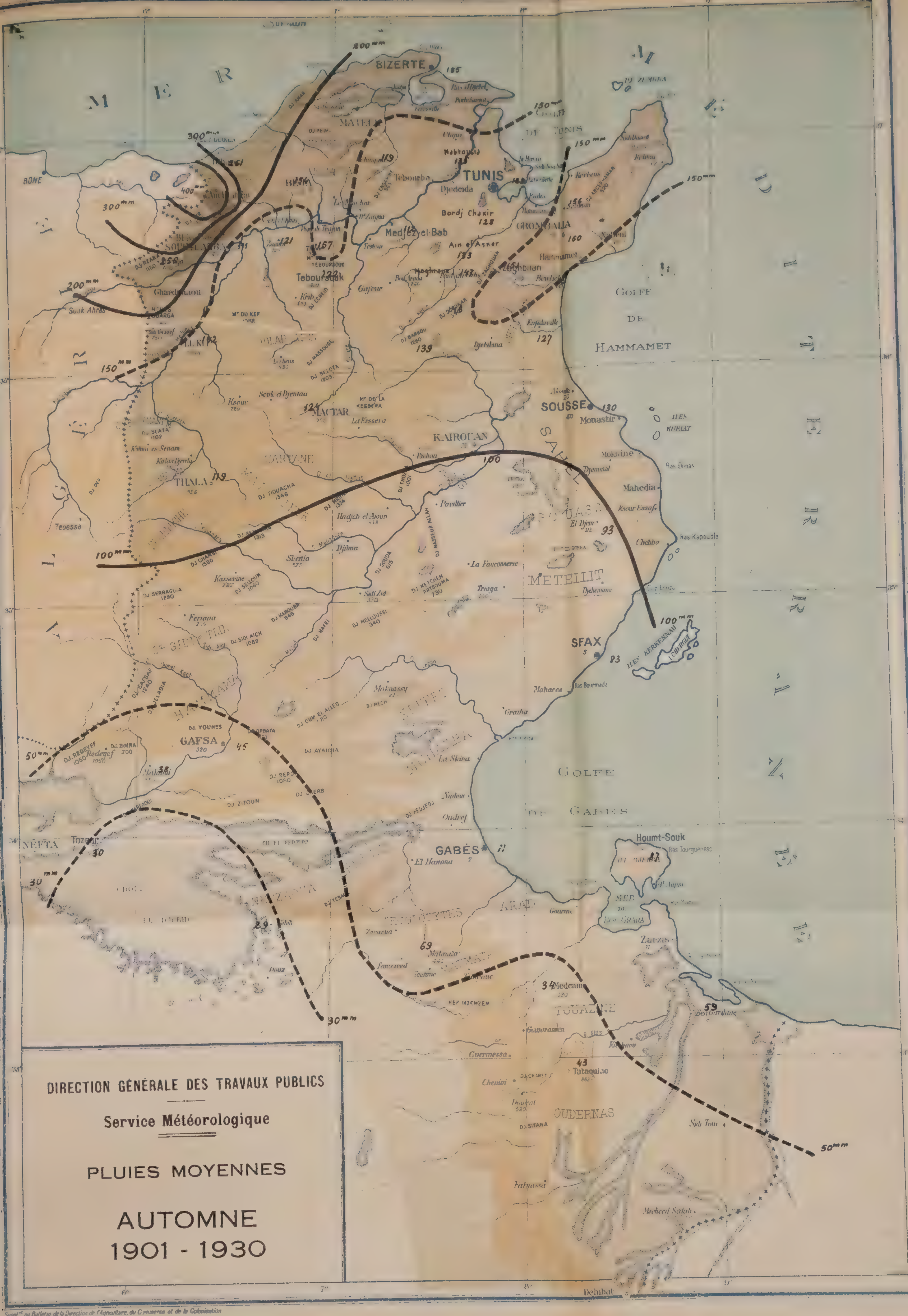
Au point de vue de la culture du Blé, les régions qui reçoivent annuellement de 400 à 600^{mm} remplissent les meilleures conditions de réussite pour cette céréale; celles qui totalisent de 200 à 400^{mm} présentent des aléas, et le succès ne peut être escompté que pour les années dont la pluviométrie est au-dessus de la moyenne. Dans les régions recevant moins de 200^{mm}, la culture du Blé est peu importante, elle n'y donne des résultats que pendant les années exceptionnellement pluvieuses.

Il ne faut pas attacher à ces courbes isohyètes une valeur absolue. Elles représentent des moyennes de relevés annuels ou saisonniers dont la plupart accusent avec ces moyennes des écarts considérables en plus ou en moins. D'autre part, des circonstances locales font varier, en des points souvent peu éloignés, l'importance des précipitations. Enfin, la préparation du sol apporte un correctif fort important à l'insuffisance des pluies, en réduisant les pertes d'eau par évaporation et probablement en favorisant les condensations occultes de la vapeur d'eau dans la terre.

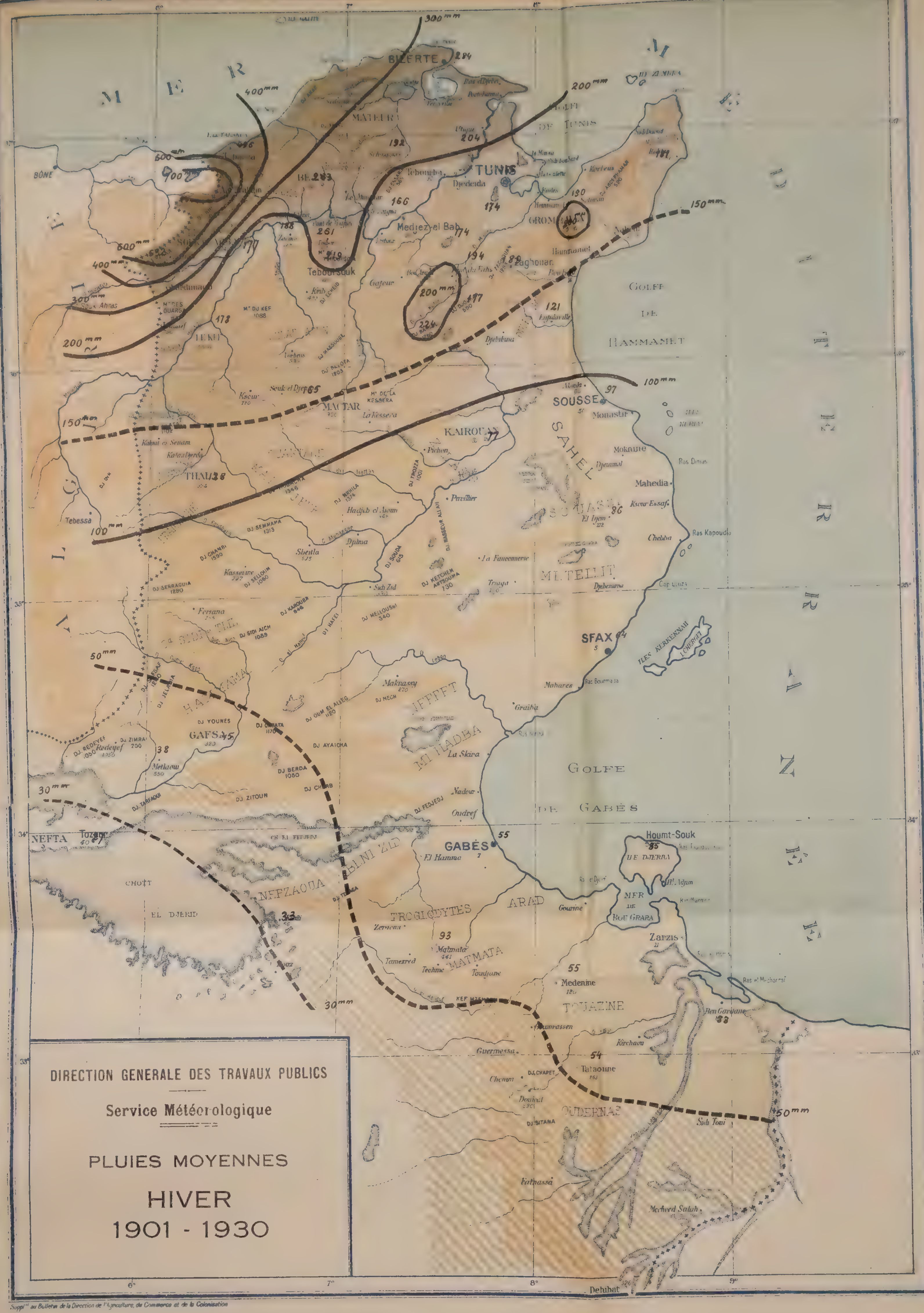
Ce qui importe en agriculture, ce ne sont pas les moyennes, mais les écarts des faits avec ces moyennes, rarement atteintes, car les extrêmes constituent des conditions souvent défavorables à la végétation et sont, par cela même, les facteurs limitants du rendement.

Parmi ces facteurs limitants, les plus importants à considérer au

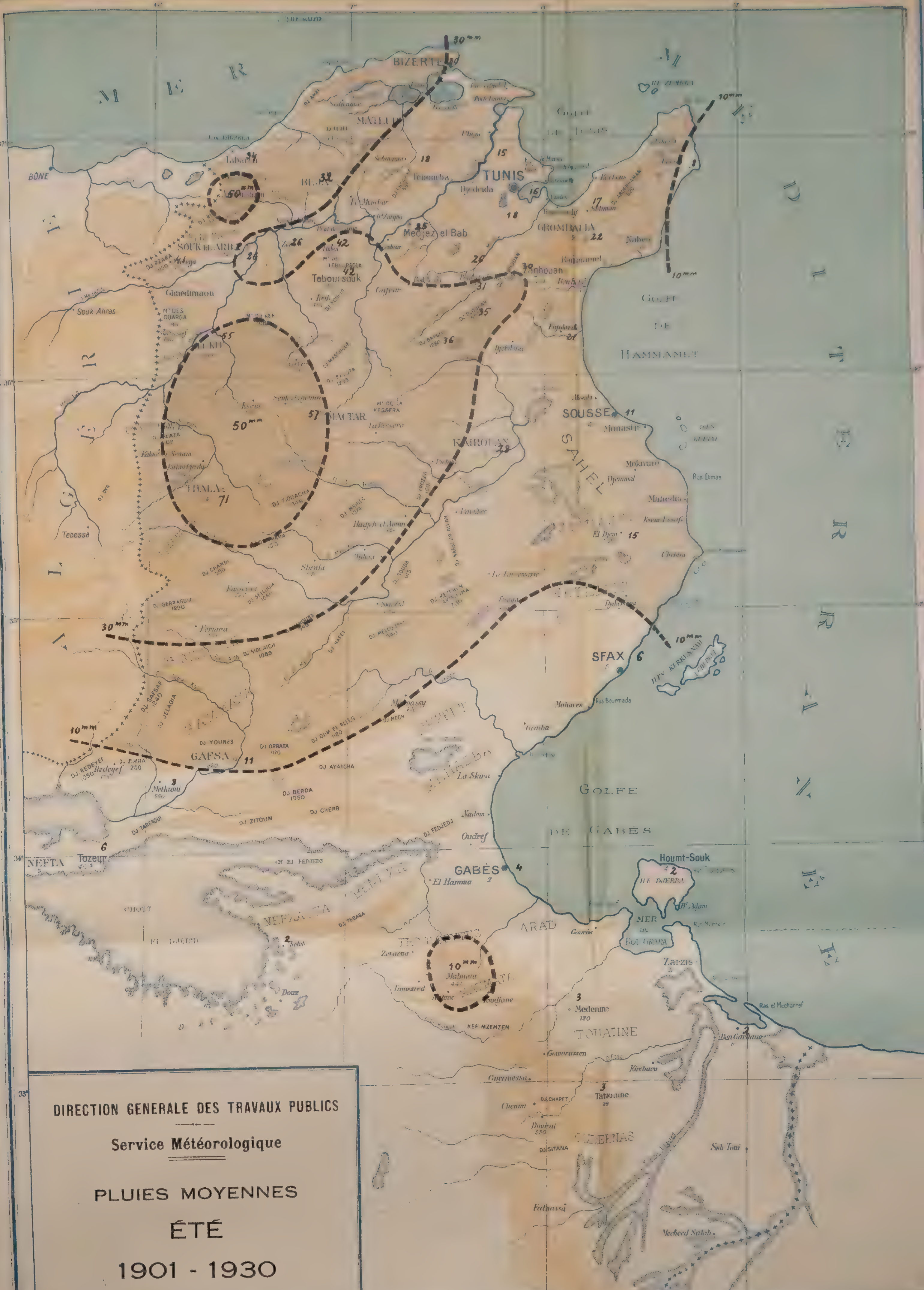
Bulletin de la Direction de l'Agriculture, du Commerce et de la Colonisation



Suppl^t au Bulletin de la Direction de l'Agriculture, du Commerce et de la Colonisation



Suppl. au Bulletin de la Direction de l'Agriculture, du Commerce et de la Colonisation



Suppl^t au Bulletin de la Direction de l'Agriculture, du Commerce et de la Colonisation

point de vue de la pluviométrie sont les déficits pendant les trois saisons de l'automne, de l'hiver et du printemps.

L'insuffisance des *pluies en automne* (septembre, octobre, novembre) gêne l'exécution des derniers travaux préparatoires du sol et retarde parfois beaucoup la levée des semences. Les agriculteurs européens, qui font de bonnes jachères et disposent d'un matériel puissant, peuvent semer en terre sèche et l'absence de pluies pendant les semailles est parfois une cause de rapidité et de facilité d'exécution de ce travail. Il n'en est pas de même pour la grande majorité des agriculteurs indigènes, qui attendent une première pluie d'automne pour effectuer leur unique labour préparatoire et une deuxième pluie pour semer. Ces circonstances, jointes à la faiblesse des moyens dont ils disposent, les entraînent à retarder leurs semailles jusqu'en décembre et janvier et parfois même à les supprimer partiellement. Il y a certainement une corrélation entre les surfaces emblavées par les fellahs et la distribution des pluies d'octobre à janvier, dans les régions où ces pluies sont très irrégulières.

Les *pluies d'hiver* (décembre, janvier, février) ont, sur la végétation du Blé, une influence directe assez importante : les journées sont courtes, la température basse; la céréale, peu développée, consomme une faible quantité d'eau. Mais les précipitations hivernales doivent assurer l'approvisionnement du sol en eau jusqu'à une profondeur aussi grande que possible, et l'on peut dire que leur action se manifeste surtout au printemps. Si elles ont été abondantes, dans leur ensemble, et si quelques-unes au moins ont été assez fortes pour pénétrer profondément dans le sous-sol, le développement des racines du Blé se fait en profondeur et la résistance de la plante pendant le printemps s'en trouve considérablement accrue.

Les *pluies de printemps* (mars, avril, mai) sont considérées par les céréaliculteurs comme décisives pour le développement du Blé. La première moitié de cette période coïncide avec la formation et la sortie des épis, et nous avons vu précédemment combien cette croissance rapide du Blé représente une phase critique de son développement. Des Blés, ayant souffert d'une insuffisance de pluies hivernales, paraissent ressusciter quand il pleut en mars-avril La deuxième moitié de cette période coïncide avec la formation et le grossissement des graines. Le Blé a surtout besoin, à ce moment, de temps calme et un peu couvert. Les chutes de pluies sont moins utiles et deviennent même nuisibles, si elles sont peu importantes et répétées, parce qu'elles sont favorables au développement des rouilles.

Quant aux *pluies d'été* (juin, juillet, août), elles n'intéressent plus les céréales. Elles sont d'ailleurs très peu importantes sur l'ensemble de la Régence.

La *répartition des pluies* présente donc une plus grande importance que leur hauteur totale. Il suffirait de 300^{mm} bien répartis dans les 1re, 2^{e} et 3^{e} régions, de 200 à 250^{mm} dans les 4^{e} et 5^{e}, pour assurer une bonne récolte de Blé sur terres bien préparées.

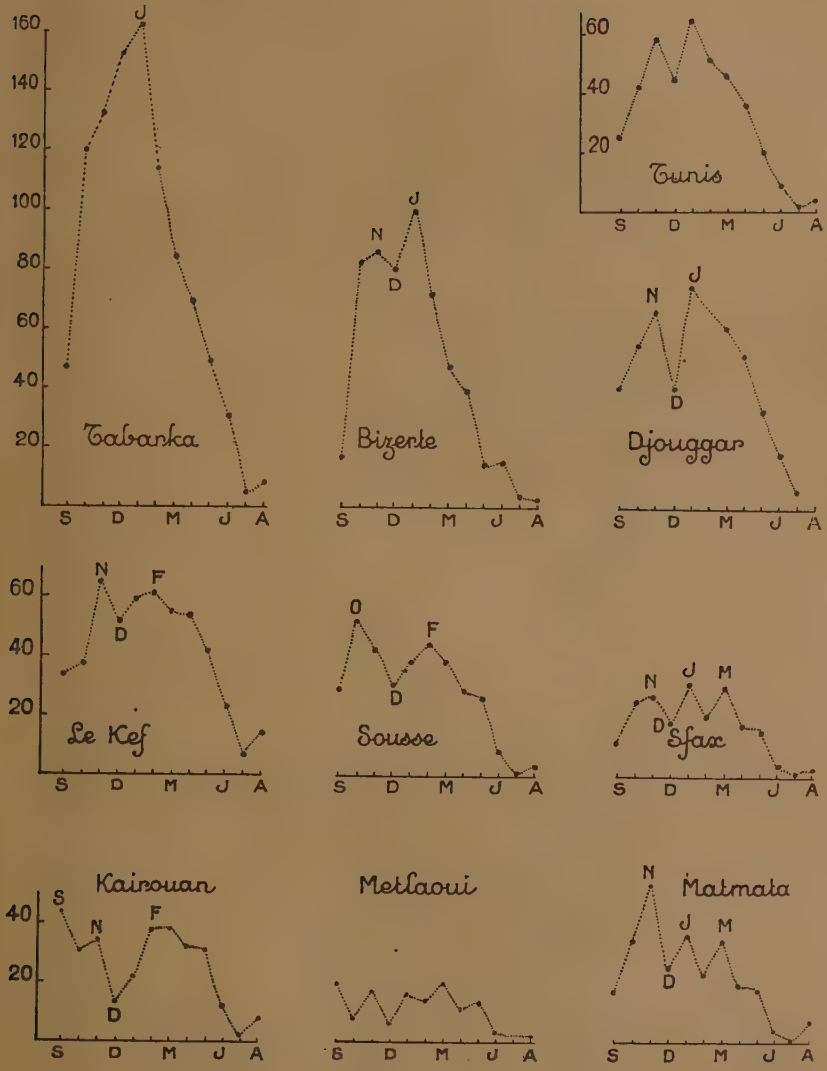
En 1925, dans la vallée de la Medjerdah et le Nord de la Régence, avec des précipitations inférieures à 300^{mm} et même à 270^{mm} entre la période des semailles et la récolte, des rendements de 18 à 25 quintaux de Blé à l'hectare ont été observés sur des parcelles dépassant 100 hectares. Ces pluies avaient été réparties fort heureusement suivant les besoins de la végétation et il s'agit d'exploitations dans lesquelles la préparation du sol ne laisse rien à désirer. Cette préparation constitue un puissant correctif à l'insuffisance et à la mauvaise distribution des pluies (voir au chapitre Méthodes de culture).

M. Ginestous (1927) a donné, dans son ouvrage sur les pluies en Tunisie, un tableau et les graphiques de la répartition mensuelle moyenne des pluies pour 10 stations bien réparties dans l'ensemble du territoire de la Régence et pour la période 1911-1925. Nous les reproduisons ci-après en raison de l'intérêt que présente leur interprétation au point de vue agricole.

Tableau 13. — **Pluies mensuelles (moyenne 1911-1925)**

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Tabarka.....	47	120	132	153	162	114	84	69	49	31	5	8
Bizerte.....	17	82	86	80	100	72	47	39	14	15	4	3
Tunis.....	25	42	58	45	65	51	46	36	20	9	2	4
Djouggar.....	40	55	66	40	75	67	61	52	33	18	6	13
Le Kef.....	34	37	65	52	59	61	55	54	42	23	7	14
Sousse.....	29	52	42	30	38	44	38	28	26	8	1	3
Kairouan.....	44	31	34	13	22	38	38	32	31	12	2	8
Sfax.....	11	35	37	18	31	20	30	17	15	3	1	2
Metlaoui.....	19	8	17	6	16	14	20	11	13	3	2	2
Matmata.....	17	34	53	25	36	23	34	19	18	4	0	7

GRAPHIQUE 1.



PLUIES MENSUELLES (MOYENNE 1911-1925).

GRAPHIQUE 2.

PLUIES : Pourcentage des saisons normales (N), humides (h), très humides (H), sèches (s), très sèches (S).

Pour les deux stations côtières du Nord (Tabarca et Bizerte), la courbe est à peu près régulière avec un maximum très marqué en janvier. Pour Bizerte, le mois de décembre est toutefois moins pluvieux que novembre et janvier et cette constatation se retrouve pour toutes les stations, Tabarca excepté. Pour Tunis, le déficit de décembre par rapport aux deux mois qui l'encadrent est beaucoup plus accusé.

Au Djebel-Djouggar, milieu de la chaîne centrale, même répartition qu'à Tunis, mais avec une prolongation de la période pluvieuse plus accentuée en février, mars, avril.

Au Kef, sur les Hauts-Plateaux, on observe deux maxima, en novembre et février, encadrant les deux mois de décembre et janvier moins pluvieux, et une prolongation de la période humide jusqu'en mai. La végétation, très ralentie en décembre et janvier par le froid, se poursuit un mois plus tard que dans la région de Tunis et les pluies de printemps lui sont tout particulièrement favorables.

A Sousse, les deux maxima sont encore plus éloignés : novembre et février; ils le sont davantage même à Kairouan : septembre et février-mars. Dans cette grande plaine centrale, l'automne et le début de l'hiver sont souvent secs, ce qui réduit les semailles et compromet la végétation du Blé, que ne suffisent pas à rétablir les pluies, trop tardives, de février-mars.

A partir de Sfax, l'irrégularité de la répartition des pluies devient plus manifeste avec des minima marqués en septembre, décembre et février. Metlaoui montre une alternance plus nette encore dans les précipitations annuelles, devenues d'ailleurs très faibles. Les Matmata, en raison de leur altitude, reçoivent un peu plus d'eau, avec un maximum très net en novembre et deux autres moins accusés en janvier et mars.

L'*irrégularité du régime des pluies* d'une année à l'autre fait d'ailleurs que les chiffres précédents n'ont guère qu'une valeur théorique. Bien peu d'années ont une pluviométrie correspondant à la moyenne et il est coutumier de dire, en Tunisie, que toutes les années sont exceptionnelles. Pour traduire cette irrégularité, pour en exprimer par des chiffres la fréquence et par conséquent la probabilité, nous avons utilisé les documents du Service Météorologique [1], pour déterminer la proportion d'années à automne, à hiver et à printemps s'écartant beaucoup de la normale au point de vue pluviométrique.

---

(1) Nous exprimons tous nos remerciements à M. Lacroux, Directeur du Service Météorologique, qui a bien voulu se charger de faire exécuter le relevé des chiffres nécessaires à ces comparaisons.

TABLEAU 11. — **Pluies saisonnières et annuelles. Période 1899-1929**
(Moyenne des Ecarts)

LOCALITE ET SAISON : A : Automne. H : Hiver. P : Printemps. E : Eté. T : Année entière.		Nombre d'années	Moyenne	Nombre d'écarts par rapport à la moyenne M								
				en plus (% de M)					en moins (% de M)			
				≥ 100	75 à 100	50 à 75	25 à 50	0 à 25	0 à 25	25 à 50	50 à 75	75 à 100
El-Feidja	A	29	258,9	0	1	3	3	7	6	7	1	1
	H	30	640	2	1	1	1	7	10	5	2	1
	P	30	302,6	0	0	1	8	6	7	7	0	1
	E	30	44,1	3	2	1	4	3	3	3	9	2
	T	29	1.225,2	0	0	1	1	11	14	2	0	0
Aïn-Draham	A	30	417,8	0	0	2	4	7	10	6	1	0
	H	30	722	0	1	3	5	5	7	6	3	0
	P	30	395,6	0	0	2	5	9	6	7	0	1
	E	30	57,7	3	2	1	4	4	1	6	5	4
	T	30	1.593,1	0	0	0	5	7	14	4	0	0
Tabarka	A	26	320,3	1	0	1	4	4	10	5	1	0
	H	29	476,9	0	0	2	5	9	4	8	1	0
	P	28	210,3	0	1	2	4	5	7	5	2	0
	E	26	39,6	2	1	2	0	4	2	5	3	7
	T	23	1.012,2	0	0	0	1	10	11	1	0	0
Bizerte	A	29	172,3	1	1	0	4	9	6	5	3	0
	H	29	277,3	0	1	2	5	6	5	8	2	0
	P	30	112,3	0	4	1	5	4	4	8	4	0
	E	29	27,2	4	2	1	2	2	3	2	5	8
	T	28	582,4	0	0	0	5	7	11	5	0	0

TABLEAU 14 (*suite*). — **Pluies saisonnières et annuelles. Période 1899-1929**
(Moyenne des Ecarts)

LOCALITE ET SAISON : A : Automne. H : Hiver. P : Printemps. E : Eté. T : Année entière.		Nombre d'années	Moyenne	Nombre d'écarts par rapport à la moyenne M								
				en plus (% de M)					en moins (% de M)			
				≥ 100	75 à 100	50 à 75	25 à 50	0 à 25	0 à 25	25 à 50	50 à 75	75 à 100
Souk-el-Arba	A	19	111,6	0	0	1	4	4	4	5	1	0
	H	19	176,3	0	0	0	6	6	2	4	1	0
	P	22	136,3	0	1	1	4	2	10	2	1	1
	E	18	29,5	3	0	0	3	2	4	0	1	5
	T	15	457,1	0	0	0	1	7	7	1	0	0
Zaouem	A	29	118,8	0	0	4	3	6	5	8	3	0
	H	29	189,6	0	1	1	6	6	6	8	1	0
	P	27	139,4	0	0	2	4	8	4	8	1	0
	E	28	31,1	3	3	1	2	4	1	3	1	10
	T	26	481,1	0	0	1	1	9	13	2	0	0
Béja	A	27	152,2	0	1	5	2	3	8	4	4	0
	H	29	298,8	0	2	0	6	5	7	7	2	0
	P	30	162,9	0	2	1	5	5	9	6	1	1
	E	29	33,5	4	0	0	2	4	0	6	5	8
	T	26	638,1	0	0	2	1	7	13	3	0	0
Medjez-el-Bab	A	23	113,1	1	0	2	3	4	5	6	1	1
	H	26	161,1	1	1	2	4	4	7	4	3	0
	P	28	115,5	0	0	2	8	5	4	7	2	0
	E	26	27,7	4	0	0	2	3	5	4	5	3
	T	21	436	0	0	0	2	8	10	1	0	0

TABLEAU 14 (*suite*). — **Pluies saisonnières et annuelles. Période 1899-1929**
(Moyenne des Ecarts)

LOCALITE ET SAISON : A : Automne. H : Hiver. P : Printemps. E : Eté. T : Année entière.		Nombre d'années	Moyenne	Nombre d'écarts par rapport à la moyenne M								
				en plus (% de M)					en moins (% de M)			
				≥ 100	75 à 100	50 à 75	25 à 50	0 à 25	0 à 25	25 à 50	50 à 75	75 à 100
Schuiggui	A	16	123,9	1	0	2	2	1	2	6	2	0
	H	23	201	0	1	3	1	5	8	1	4	0
	P	24	121,7	0	2	2	2	5	5	3	4	1
	E	17	25,5	3	0	0	0	1	2	2	4	2
	T	12	486,1	0	0	0	2	4	4	2	0	0
Tunis	A	80	125	0	2	4	4	4	3	8	5	0
	H	30	163,7	1	1	1	6	3	7	9	1	1
	P	30	99,1	1	1	2	4	6	6	5	4	1
	E	30	20,4	5	0	2	1	0	3	2	9	8
	T	30	407,8	0	0	0	8	6	12	4	0	0
Le Kef	A	29	123,1	0	2	3	3	6	6	6	3	0
	H	29	176,9	0	2	1	3	9	7	4	2	1
	P	30	142,7	1	2	2	2	6	5	8	4	0
	E	30	55	3	4	1	3	0	2	7	7	3
	T	29	499,8	0	0	0	5	9	10	5	0	0
Mactar	A	28	121,8	1	4	1	1	4	7	6	3	1
	H	30	162	0	2	1	3	7	8	5	4	0
	P	30	148,2	1	1	2	6	1	11	4	4	0
	E	30	58,6	3	2	2	2	2	5	7	6	1
	T	28	477	0	1	1	2	9	10	5	0	0

TABLEAU 14 (*suite*). — **Pluies saisonnières et annuelles. Période 1899-1929**
(Moyenne des Ecarts)

LOCALITE ET SAISON : A : Automne. H : Hiver. P : Printemps. E : Eté. T : Année entière.		Nombre d'années	Moyenne	Nombre d'écarts par rapport à la moyenne M								
				en plus (% de M)					en moins (% de M)			
				≥ 100	75 à 100	50 à 75	25 à 50	0 à 25	0 à 25	25 à 50	50 à 75	75 à 100
Téboursouk	A	23	113,1	1	0	2	3	4	5	6	1	1
	H	26	161,1	1	1	2	4	4	7	4	3	0
	P	28	115,5	0	0	2	8	5	4	7	2	0
	E	26	27,7	4	0	0	2	3	5	4	5	3
	T	21	436	0	0	0	2	8	10	1	0	0
Zaghouan	A	21	155	1	1	1	4	2	2	6	3	1
	H	21	189,2	1	0	1	3	2	7	5	2	0
	P	24	141	1	0	2	3	6	3	4	4	1
	E	23	31,1	3	1	2	1	1	3	2	5	5
	T	20	503,9	0	0	2	1	8	3	5	1	0
Aïn-el-Asker	A	22	130,8	1	1	1	3	6	3	4	2	1
	H	27	175,8	1	0	2	4	4	7	8	0	1
	P	26	113,9	1	1	0	3	7	7	5	1	1
	E	24	25,9	2	2	1	2	4	4	5	2	2
	T	18	454,9	0	0	1	1	6	7	3	0	0
Grombalia	A	27	168,2	2	2	4	1	1	6	4	6	1
	H	30	201,2	0	3	2	2	8	3	9	3	0
	P	30	115,5	0	0	3	5	6	8	7	0	1
	E	30	23,5	4	0	1	3	3	1	3	9	6
	T	27	504,2	0	0	1	1	12	8	4	1	0

TABLEAU 14 (*suite*). — **Pluies saisonnières et annuelles. Période 1899-1929**
(Moyenne des Ecarts)

LOCALITE ET SAISON : A : Automne. H : Hiver. P : Printemps. E : Eté. T : Année entière.		Nombre d'années	Moyenne	Nombre d'écarts par rapport à la moyenne M								
				en plus (% de M)					en moins (% de M)			
				≥ 100	75 à 100	50 à 75	25 à 50	0 à 25	0 à 25	25 à 50	50 à 75	75 à 100
Kélibia	A	29	133,8	2	2	1	4	2	4	8	5	1
	H	29	186,2	1	1	4	2	6	7	7	4	0
	P	30	75,6	2	1	2	3	3	10	6	2	1
	E	30	10,9	5	0	1	1	3	0	6	1	13
	T	28	432,4	2	1	3	2	0	7	13	0	0
Kairouan	A	28	102,9	2	0	2	2	6	10	1	3	2
	H	30	78,4	1	2	1	3	4	7	7	4	1
	P	29	83,4	3	2	2	1	3	4	5	7	2
	E	28	29,4	6	0	4	1	1	2	3	4	7
	T	26	302,2	0	0	3	4	6	6	5	2	0
Sousse	A	28	126,3	3	1	0	4	2	3	5	8	2
	H	30	120,8	2	1	1	4	4	7	8	3	0
	P	30	71,3	2	2	1	3	4	6	7	5	0
	E	30	12,5	3	2	3	2	3	2	0	5	10
	T	28	333,1	0	1	3	1	7	8	5	3	0
El-Djem	A	23	89,9	1	0	4	1	5	6	0	2	4
	H	23	91	2	1	1	2	4	3	5	4	1
	P	27	58,6	3	1	1	2	3	4	6	4	3
	E	20	15,1	4	1	1	1	1	0	3	2	7
	T	14	258,9	0	0	0	4	2	5	1	1	1

TABLEAU 14 (*fin*). — **Pluies saisonnières et annuelles. Période 1899-1929**
(Moyenne des Ecarts)

LOCALITE ET SAISON : A : Automne. H : Hiver. P : Printemps. E : Eté. T : Année entière.		Nombre d'années	Moyenne	Nombre d'écarts par rapport à la moyenne M								
				en plus (% de M)					en moins (% de M)			
				≥ 100	75 à 100	50 à 75	25 à 50	0 à 25	0 à 25	25 à 50	50 à 75	75 à 100
Sfax	A	29	76,6	3	1	1	2	5	6	6	4	1
	H	30	61,9	3	2	3	3	2	5	5	3	4
	P	30	48,9	2	3	1	4	2	5	3	9	1
	E	30	7,4	5	1	1	1	1	2	2	3	14
	T	29	195	1	0	2	5	7	8	5	1	0
Gabès	A	28	71,5	4	0	2	1	2	2	9	6	2
	H	28	56	4	1	1	3	2	3	2	8	4
	P	30	43	2	3	2	2	1	4	6	5	5
	E	28	4,9	5	0	0	2	1	1	2	1	16
	T	26	169	1	2	3	2	1	10	2	4	0
Djerba	A	29	79,1	2	1	1	5	4	4	5	3	4
	H	30	79,8	3	2	2	1	3	5	7	5	2
	P	30	44,4	3	3	0	5	1	4	5	5	4
	E	30	2,6	7	0	2	1	0	1	0	4	15
	T	29	204,5	1	0	0	5	8	9	4	1	1

TABLEAU 15. — **Pluies : pourcentage des saisons normales (N) humides (h) très humides (H), sèches (s) et très sèches (S)**

STATION	AUTOMNE					HIVER					PRINTEMPS				
	H	h	N	s	S	H	h	N	s	S	H	h	N	s	S
El-Feidja	14	10	45	24	7	13	3	57	17	10	3	27	44	23	3
Aïn-Draham	7	13	57	20	3	13	17	40	20	10	7	17	50	23	3
Tabarka	7	16	54	19	4	7	17	45	28	3	11	14	50	18	7
Bizerte	7	14	52	17	10	10	17	38	28	7	16	17	27	27	13
Souk-el-Arba	5	21	42	27	5	0	32	42	21	5	9	18	55	9	9
Zaouem	14	10	38	28	10	7	21	41	28	3	7	15	44	30	4
Béja	22	7	41	15	15	7	21	41	24	7	10	17	47	20	6
Medjez-el-Bab	13	13	40	26	8	15	15	43	15	12	7	29	32	25	7
Schuiggui	18	13	19	37	13	17	4	57	4	18	17	8	42	12	21
Tunis	20	13	23	27	17	10	20	33	30	7	13	13	40	17	17
Le Kef	17	11	41	21	10	10	10	56	14	10	16	7	37	27	13
Mactar	21	4	39	22	14	10	10	50	17	13	14	20	40	13	13
Téboursouk	15	11	33	37	4	3	31	35	21	10	16	10	47	20	7
Zaghouan	14	19	19	29	19	10	14	43	24	9	13	13	37	17	20
Aïn-el-Asker	14	14	41	18	13	11	15	40	30	4	8	11	54	19	8
Grombalia	30	4	25	15	26	16	7	37	30	10	10	17	47	23	3
Kélibia	17	14	21	27	21	21	7	35	24	13	17	10	43	20	10
Kairouan	14	7	37	4	18	13	10	37	23	17	24	4	24	17	31
Sousse	14	14	18	18	36	13	13	37	27	10	17	10	33	23	17
El-Djem	22	4	48	0	26	17	9	30	22	22	19	7	26	22	26
Sfax	17	8	38	21	16	27	10	23	17	23	20	14	23	10	33
Gabès	25	4	14	32	29	21	11	18	7	43	23	7	17	20	33
Djerba	14	17	27	17	25	23	4	27	23	23	20	17	17	16	30

Le tableau 14 donne pour 23 stations de Tunisie, réparties dans les diverses régions, les moyennes annuelles des pluies pour chaque saison et pour l'année agricole entière, pendant la période 1899-1900 à 1928-1929. Il a été calculé, pour chaque saison et année, l'écart entre la pluie enregistrée et la moyenne générale; ces écarts ont été répartis ainsi :

Ecarts en plus de la moyenne : 0 à 25 %, 25 à 50, 50 à 75, 75 à 100, au-dessus de 100; écarts en moins de la moyenne : 0 à 25 %, 25 à 50, 50 à 75, 75 à 100.

Le tableau donne le nombre d'écarts de chaque catégorie.

Le nombre d'années d'observations figure dans la première colonne; tous les documents incomplets ont été éliminés par les soins du Service Météorologique.

Le degré de fréquence des écarts nous renseigne, beaucoup mieux que les moyennes, sur les particularités du régime pluviométrique, dont il traduit les irrégularités.

Pour rapprocher sur une seule page les résultats détaillés au tableau 14, afin de faciliter les comparaisons, nous avons dressé le tableau 15, dans lequel on a admis les définitions suivantes :

Pluviométrie normale....	(N = saison normale)....	entre	—25 et + 25 %	de M
id. forte.....	(h = saison humide)....	entre	+25 et + 50 %	id.
id. excessive..	(H = saison très humide).	au delà de	+ 50 %	id.
id. médiocre...	(s = saison sèche).....	entre	—25 et — 50 %	id.
id. déficitaire..	(S = saison très sèche)..	entre	—50 et —100 %	id.

Les fréquences des écarts ainsi groupés ont été rapportées à 100; elles figurent au tableau 15 et ont été reproduites sur le graphique 2. Dans ce dernier, le pourcentage des saisons normales (automne, hiver et été) est représenté par le rectangle ayant une diagonale.

Ce serait sortir du cadre de ce travail que de commenter pour chaque station les chiffres des tableaux et le graphique correspondant, nous nous bornerons à quelques considérations générales laissant à chaque lecteur le soin d'interpréter les données fournies pour la région qui l'intéresse.

Automne (septembre, octobre, novembre). — Localités présentant plus de 33 % de saisons normales : El-Feidja, Aïn-Draham, Tabarka, Bizerte, Souk-el-Arba, Zaouem, Béja, Medjez-el-Bab, Le Kef, Maktar, Téboursouk, Aïn-el-Asker, Kairouan, El-Djem, Sfax. Ce sont : la région Nord, celle des plateaux de l'Est, les plaines du Centre,

Localités présentant une pluviométrie très irrégulière : Schuiggui, Tunis, Zaghouan, Grombalia, Kélibia, Sousse, Gabès, Djerba, c'est-à-dire la région de Tunis et du Cap-Bon, le littoral Est sauf Sfax.

Hiver (décembre, janvier, février). — La pluviométrie hivernale présente moins d'irrégularité. Seules les stations d'El-Djem, Sfax, Gabès et Djerba ne présentent pas 33 % d'hivers à pluviométrie normale. Tunis se trouve juste à cette limite. Les hivers très pluvieux font défaut à Souk-el-Arba et sont rares à Téboursouk. Le Sud se fait remarquer par une pluviométrie très irrégulière en hiver et par un nombre important de saisons présentant de grands écarts en moins ou en plus (pluies torrentielles).

Printemps (mars, avril, mai). — N'ont pas 33 % de printemps à pluviométrie normale : Bizerte, Medjez-el-Bab, Kairouan, El-Djem, Sfax, Gabès et Djerba. La fréquence des écarts en plus et en moins est d'autant plus marquée qu'on descend davantage vers le Sud.

Les stations qui présentent le plus de régularité dans la pluviométrie, pour les trois saisons, sont : toute la région au Nord de la Medjerdah, sauf Bizerte et Medjez-el-Bab pour le printemps, les plateaux de l'Est et Aïn-el-Asker. Seul le N.-O. de la Tunisie présente, pour la plupart des saisons, une fréquence d'années normales atteignant 50 %.

Les chiffres qui précèdent montrent que la pluviométrie moyenne d'un lieu nous renseigne imparfaitement sur les possibilités agricoles de ce lieu; il convient de connaître, en outre de cette donnée purement théorique, la proportion d'années qui s'en écartent suffisamment pour présenter le risque d'une récolte compromise.

Nous exposons, au chapitre Phénologie et Ecologie, la corrélation calculée entre la pluie et le rendement en Blé. En complétant l'une par l'autre les données des tableaux 15 et 19, le producteur de Blé peut se rendre compte des chances et des risques auxquels sa culture se trouve assujettie du fait de la pluviométrie.

Il est bien entendu que tous ces chiffres se rapportent aux trente dernières années et que nous n'entendons pas faire de pronostics pour l'avenir. Lorsqu'une semblable documentation aura pu être établie pour une plus longue période (50 à 60 ans), et pour de nombreuses stations, elle aura plus de chances de correspondre à la répartition réelle des moyennes et des écarts; elle pourra fournir de meilleures bases pour apprécier les aléas dus à l'irrégularité des pluies, à la condition de les envisager également pour une assez longue période.

Elle permettra d'établir, à côté des cartes indiquant les moyennes saisonnales de pluie, des cartes saisonnales d'écarts de la pluviométrie par rapport à la moyenne.

Tels qu'ils sont, ces documents ne constituent qu'un moyen d'information sur les caractéristiques pluviométriques des diverses régions.

B. SOL

Le sol fournit au Blé les aliments minéraux et la plus grande partie de l'eau dont il a besoin; sa constitution physique et sa composition chimique sont donc des facteurs importants de son aptitude à porter cette céréale. Il est facile de constater, toutefois, que l'on obtient, en Tunisie, de bons rendements de Blé sur les terres les plus diverses, calcaires, argileuses, siliceuses, ce qui incite à penser que les données de l'analyse physique et chimique ne renseignent que très incomplètement sur la fertilité d'un sol agricole.

La couche du sol qui nourrit les plantes annuelles provient de la transformation, sous de multiples influences, de la roche-mère, que l'on trouve généralement intacte dans les couches plus profondes.

« Le sol est un corps créé par la rencontre de deux mondes : le monde minéral et le monde vivant » (AGAFONOFF). Dans ce milieu, vivent, se multiplient, meurent et se décomposent des organismes en nombre énorme : plantes supérieures, animaux fouisseurs, insectes et leurs larves, vers de terre, champignons et algues, microbes, etc. L'ensemble des processus physiques, chimiques et biologiques résultant de l'action des agents climatériques et des organismes vivants ou morts constitue la vie du sol; ils créent, dans les divers climats, des sols très différents comme structure, composition, propriétés. Une nouvelle science, la Pédologie, datant d'une cinquantaine d'années, étudie les divers types de sols et leur mode de formation.

3. Mécanisme bio-physico-chimique de la formation du sol agricole

La roche-mère, exposée aux actions combinées de l'eau pluviale, des variations de température, du vent, de la végétation, des microorganismes, s'altère, se transforme plus ou moins rapidement, sur une épaisseur variable, pour prendre les caractères du sol agricole. Cette transformation varie beaucoup d'intensité suivant les régimes pluviométrique et thermique qui régissent eux-mêmes, pour une bonne part, le développement des formations végétales. Quelques généralités sur le mécanisme de la formation du sol agricole aux dépens de la roche-mère sont nécessaires pour éclairer le cultivateur sur les circonstances naturelles qui déterminent la nature du sol qu'il exploite et sur la complexité des phénomènes conditionnant la fertilité de ce sol.

L'agent principal de la désagrégation de la roche-mère est l'eau avec les substances qu'elle tient en dissolution (acide carbonique, sels). Son action est d'autant plus rapide que la température est plus élevée. Aussi, les sols des régions humides et chaudes sont-ils très différenciés de leur substratum, tandis que les sols des régions arides se rapprochent beaucoup de leur roche-mère. Tous les intermédiaires existent entre les deux cas extrêmes.

A l'action chimique de l'eau s'ajoutent ses effets mécaniques, qui déterminent l'*érosion* des terrains en pente, allant parfois jusqu'au décapage complet, si les précipitations pluviales sont assez abondantes pour ruisseler fortement à la surface. L'érosion des parties élevées du relief a d'ailleurs pour corollaire le *colmatage* des régions plus basses, soit par entraînement direct des particules terreuses dans les plaines situées au pied des montagnes et des collines, soit par *dépôts* de limons pendant les crues et inondations. Ce remaniement constant des sols joue un rôle important, même dans les contrées arides et semi-arides comme la Tunisie, en raison du caractère souvent torrentiel des pluies.

L'action mécanique du *vent* entre également en ligne de compte pour l'usure de certaines roches et le transport des éléments fins, suffisamment légers, à des distances parfois considérables.

Enfin, les variations brusques et importantes de température, tant journalières que saisonnières, sont, dans les régions arides, un facteur très actif de l'émiettement des roches.

La végétation qui couvre le sol, les organismes animaux et végétaux qui vivent dans son sein contribuent puissamment à sa transformation. Les débris organiques, par leur décomposition, abandonnent de l'acide carbonique qui se dissout dans l'eau et en accroît beaucoup l'action dissolvante; ils se transforment progressivement en humus, substance colloïdale dont nous verrons plus loin le rôle très important dans les actions physico-chimiques créatrices du sol agricole.

Le tapis végétal, plus ou moins épais (forêt, brousse, prairie) exerce en outre une protection d'efficacité variable contre l'érosion du sol qu'il couvre et agit sur la quantité d'eau susceptible de s'y infiltrer et de s'y conserver.

Le défrichement des sols et leur culture modifient les conditions naturelles de leur formation et il n'est pas sans intérêt de porter attention à cette influence plus ou moins heureuse de l'agriculture.

Les constituants du sol s'y trouvent à l'état de minéraux généralement peu solubles (électrolytes) donnant avec l'eau des solutions faibles; de minéraux formant avec l'eau des pseudo-solutions ou colloïdes, sortes de suspensions très fines (hydrate d'alumine, hydroxyde

de fer, acide silicique); de matières organiques en décomposition ou *humus*, constituant aussi un système colloïdal.

Les produits intermédiaires de la décomposition des matières organiques, auxquels on donne le nom d'humus, sont très nombreux et incomplètement connus en raison de la difficulté de suivre tous les degrés d'altération des divers groupes de matières organiques; ils diffèrent suivant les sols et les climats.

Les électrolytes ou minéraux solubles sont divisés en ions portant des charges électriques + ou —. Les colloïdes sont également positifs ou négatifs. Les électrolytes réagissent sur les colloïdes et peuvent amener leur floculation. De même, le mélange d'un colloïde + et d'un colloïde — provoque leur floculation réciproque. Tandis que les colloïdes minéraux sont très sensibles à l'action des électrolytes, les colloïdes de l'humus sont beaucoup plus stables sans être toutefois insensibles à l'action des électrolytes, surtout des ions plurivalents tels que l'ion calcium.

Le mélange de l'humus aux colloïdes minéraux leur confère une certaine stabilité. Ce rôle protecteur de l'humus contre la floculation des colloïdes minéraux joue un rôle considérable dans la formation des sols agricoles.

La décomposition des roches commence par l'*hydrolyse*, action des ions libres H + et (OH) — de l'eau, dont la proportion, très faible à basse température, augmente avec l'élévation de cette dernière. Il en résulte les hydrates alcalins de potasse, de soude, de magnésie, etc..., et des suspensions colloïdales d'alumine, d'hydroxyde de fer, de silice.

L'humus entre alors en jeu et, suivant son abondance, l'humidité et la température du milieu, les résultats de son action sont très variables et aboutissent à des sols très différents, même s'ils ont eu pour point de départ la même roche-mère.

Dans un *sol moyennement humide et chaud*, favorable à la végétation, l'humus s'accumule, parce que sa destruction par les microorganismes est incomplète. Les bases libres le saturent et, sous cette forme, il ne protège plus les colloïdes minéraux contre la floculation.

Des colloïdes positifs comme l'albumine, l'hydroxyde de fer, coagulent par l'acide silicique, colloïde négatif. Ce mélange entre en combinaison avec les bases pour former l'argile. Les ions ammoniaque et potasse sont fixés, de préférence aux ions sodium et calcium et peuvent même déplacer ces derniers préalablement fixés. Ces propriétés, en quelque sorte sélectives, retiennent dans le sol les substances alimentaires, ammoniaque et potassium, tandis que le sodium et le calcium restent en solution et sont éliminés par les pluies.

Le comportement des colloïdes (substances en suspension) par rap-

port à celui des cristalloïdes (substances en solutions vraies) a fait croire tout d'abord à la mise en œuvre de propriétés spéciales aux colloïdes, ne s'expliquant pas par les lois fondamentales de la chimie minérale. Les travaux de divers savants ont montré que des colloïdes organiques, comme la gélatine, les protéines (Loeb) et des colloïdes minéraux, comme l'argile (Arrhénius), se comportent tantôt comme des acides, tantôt comme des bases, suivant la réaction (p H) du milieu, comblant ainsi le fossé qui semblait exister entre les propriétés des substances aux deux états colloïde et cristalloïde. Le mécanisme des réactions est plus ou moins compliqué, mais obéit aux mêmes lois.

Principaux types de sols. — Le sol, étant, au point de vue pédologique, une formation résultant de l'action de facteurs multiples (climat et organismes) sur la roche-mère, le climat jouant un rôle prépondérant dans la nature de la végétation qui couvre le sol naturel, à chaque climat déterminé correspond un sol type, dans lequel on peut établir des sous-types d'après la nature de la roche-mère.

En raison du défaut à peu près total d'études pédologiques concernant la Tunisie, nous nous bornerons à l'exposé des points de vue généraux sur les principaux types de sols.

Dans les grandes lignes :

1° Le climat des régions polaires, en maintenant le sous-sol constamment gelé, détermine la formation des « *toundras* ».

2° Le climat des régions septentrionales, où le sol reste toute l'année humide, par suite de la faible évaporation, favorise la disparition des éléments solubles et la prédominance de la silice, déterminant ainsi la formation de « *sols podzoliques* », correspondant aux régions forestières.

3° Là où l'évaporation est plus intense, le sol est moins lavé par les eaux météoriques; les plantes herbacées, qui remplacent la forêt, retiennent les éléments que les pluies pourraient emporter; le sol, assez riche ou riche en matières organiques et minérales, est généralement fertile ou très fertile; c'est la « *zone steppique* », dont le fameux tchernozem russe est une variété.

4° Le climat encore plus chaud et l'évaporation plus grande caractérisent la « *zone désertique* » ou régions de chotts.

5° Enfin, les régions tropicales ont des sols très variables en raison des grandes différences de climat qu'elles présentent. Dans certaines d'entre elles, on trouve un type spécial de sol qu'on ne rencontre pas ailleurs : les sols latéritiques, constitués par des hydroxydes d'alumine et de fer, qui seuls résistent à la dissolution par les pluies diluviennes; ces sols sont sans valeur agricole, étant trop pauvres en éléments fertilisants et en matière organique.

Dans chacun de ces sols types, on peut distinguer des sous-types déterminés par la nature de la roche-mère, variable quant à sa composition physique et chimique et quant à son aptitude à donner des sols plus ou moins riches en éléments fins ou grossiers, qui se comportent très différemment au point de vue de la rétention de l'eau et des conditions offertes aux racines des plantes et aux micro-organismes du sol.

La Tunisie, grâce à sa situation entre la Méditerranée et le Sahara et à ses chaînes de montagnes, présente, malgré sa faible étendue, une assez grande diversité de climats.

On peut distinguer trois zones principales :

1° De Bizerte à Tabarca, région littorale, à fortes précipitations; on peut s'attendre à y trouver des sols du type podzolique, fortement lavés par les pluies, pauvres en calcaire.

2° Entre cette première zone et la ligne Thala-Hammamet, une grande région, caractérisée par des pluies d'hiver et de printemps de 400-600^{mm}, par des vents assez forts, une atmosphère moyennement sèche, dont les terres, fortement imbibées d'eau en hiver et desséchées en été, appartiennent au type steppique. Il est à prévoir que ces sols ont les mêmes caractères généraux que ceux de la Russie qui se trouvent au sud de la région du tchernozem, terres « châtaigne » fournissant les célèbres Blés de Stavropol, du Don et de Koubagne.

3° La partie de la Tunisie placée au Sud de la seconde zone est caractérisée par des pluies beaucoup moins importantes (250-300^{mm}), l'air y est plus sec et la végétation spontanée plus maigre. Elle réunit les conditions qui déterminent la zone des chotts et qui, généralement, offre beaucoup d'aléas aux cultures herbacées; en Tunisie, elle comprend, heureusement, beaucoup de terres légères, même sablonneuses; elle est proche de la mer, qui atténue la sécheresse de l'atmosphère; les cultures arbustives, particulièrement l'olivier, ont permis d'en mettre en valeur une partie importante.

Dans ces trois zones, la nature de la roche-mère détermine la division de chaque sol-type en un assez grand nombre de sous-types, surtout dans les régions à relief accusé où affleurent les différents terrains qui vont, en Tunisie, du Trias au Quaternaire.

Le *Trias* est formé surtout de marnes plus ou moins gypseuses. Rare en Tunisie, sauf dans l'Extrême-Sud, il ne fournit presque pas de terrains à la culture. Les eaux qui y circulent sont fortement salées (djebel Lorbeuss).

Le *Jurassique* intéresse également peu l'agriculture. Le Lias (Jurassique supérieur) forme les calcaires massifs des djebels de l'extrémité

Nord de la chaîne centrale (Fikrine, Zaghouan, Reças, Oust, Bou-Kornine); le Jurassique inférieur est constitué par des marnes et des calcaires entourant la base des terrains liasiques et offrant peu d'étendue.

Le *Crétacé* occupe une surface importante en Tunisie. Il manque toutefois dans le Sahel. Ses divers étages présentent des faciès gréseux, marneux, argileux (parfois schisteux) ou calcaires, qui ont donné des terrains très différents. Beaucoup de ces marnes sont profondément ravinées par les eaux, peu pénétrables par la pluie, parfois insuffisamment délitées et ne donnant des terrains agricoles de valeur que lorsqu'elles sont mélangées à des matériaux entraînés par l'érosion des terrains phosphatés qui les surmontent. Beaucoup de peuplements de Pins d'Alep se trouvent sur le Crétacé.

Le faciès calcaire, plus ou moins tendre et plus ou moins pur, donne, suivant la pluviométrie, des terres de couleur très variable.

Les terrains *éogènes* (Eocène et Oligocène) sont surtout développés dans le Nord de la Tunisie (au N. de la Medjerdah) et dans le Centre. Les marnes et les calcaires tendres de l'Eocène inférieur, les marnes jaunes de l'Eocène moyen donnent des terres fertiles; l'Eocène inférieur fournit des terrains argileux calcaires ou gréseux de valeur agricole variable; c'est lui qui porte les forêts de Chêne zéen et de Chêne-liège de Kroumirie.

L'Oligocène est représenté par des terrains sablonneux, siliceux, presque stériles.

Les terrains *Néogènes* (Miocène et Pliocène) sont dispersés un peu dans toute la Tunisie; leurs éléments principaux sont des grès, des argiles, des poudingues, des sables, de valeur agricole très variable.

Le *Quaternaire* est de beaucoup la formation la plus étendue de tout le territoire de la Régence; il représente une large bande littorale dans la région de Zarzis-Médenine, la presque totalité du Sahel, les quatre cinquièmes des plaines du Centre, toutes les cuvettes des régions qui s'étendent entre ces plaines et la Medjerdah, les alluvions de la partie basse du cours de ce fleuve, la périphérie du Cap-Bon.

La plus grande partie des terres à céréales appartiennent au quaternaire; leur constitution est très variable, sables du Sud, argiles des cuvettes, limons gris des vallées, terres rouges des coteaux.

Les alluvions récentes de la Medjerdah et de ses affluents sont souvent argilo-calcaires (jusqu'à 40 % de calcaire et de 40 à 50 % d'argile), à éléments très fins.

Suivant le régime pluviométrique et la température, l'humus s'accumule en quantité variable et l'on a des *terres brunes ou même noires*, fertiles, de bonne constitution physique, parfois un peu fortes.

Si l'été est bien marqué et sec, la destruction de la matière organique s'arrête en été faute d'eau, l'humus s'accumule, les terres sont très foncées, noires; on trouve quelques terres assez analogues au tchernozem du Sud de la Russie dans le Nord de la Régence. Ces terres, recevant une abondante pluviométrie, tendent à laisser s'infiltrer profondément les éléments solubles et à se décalcifier.

Les terres rouges (hamri), si fréquentes, dans la Régence, sur les flancs des coteaux et dans les parties périphériques des plaines, résultent d'un processus très atténué analogue à celui qui produit les latérites des pays tropicaux. Elles se forment en place, sur les coteaux calcaires ou dolomitiques et constituent également des dépôts d'alluvions dans les plaines. Elles proviennent d'une roche-mère à carbonates, pauvre en argile, et nécessitent pour leur formation de hautes températures estivales et des précipitations suffisantes en hiver. Il y aurait migration de l'hydroxyde de fer de la roche-mère vers le sol, grâce à la protection de la silice colloïdale qui l'empêche de coaguler sous l'action du calcium. Le calcaire, élément dominant de la roche-mère, est peu à peu lessivé et le sol s'enrichit en silice et oxyde de fer.

Ces terres rouges sont meubles, faciles à travailler, généralement fertiles. L'humus y disparaît facilement.

Les *terres brunes* sont intermédiaires entre les terres noires et les terres rouges, parce que plus ou moins humifères. Elles sont très abondantes en Tunisie; de compacité moyenne et même légères sur les coteaux, plus argileuses dans les plaines, fortement argileuses et parfois un peu salées dans les dépressions ou *merjas*, elles conviennent généralement bien à la culture du Blé à la condition que leur approvisionnement en eau soit d'autant plus important qu'elles sont plus argileuses. Les terres des merjas, d'origine alluvionnaire, exposent les céréales à l'échaudage; quelques-unes sont infertiles par suite de leur trop grande richesse en sels solubles.

Les *terres blanches* ou gris clair proviennent d'une désagrégation peu avancée de calcaires, généralement friables; elles nourrissent une maigre végétation spontanée, qui peut les faire considérer comme stériles. Leur défrichement et leur préparation par des labours profonds provoquent un rapide changement de couleur; elles deviennent gris plus ou moins foncé, sous l'influence des matières organiques qu'y laissent les récoltes. Riches en calcaire, pauvres en acide phosphorique, elles réagissent bien à l'apport des superphosphates.

Dans les régions semi-arides, lorsque la roche-mère est riche en carbonate de chaux, il se forme souvent, au point où le sol est en contact avec le sous-sol, une carapace calcaire plus ou moins épaisse appelée *tuf*. Cette formation paraît due à la rencontre, à ce niveau,

des suspensions colloïdales descendantes du sol avec les solutions ascendantes par capillarité, provenant du sous-sol, riches en carbonate de chaux dont l'ion calcium amène la coagulation des colloïdes descendants. La masse coagulée englobe les matériaux voisins. Le tuf est moins riche en argile, en fer et en alumine, et plus riche en carbonate de chaux que le sol qu'il supporte. La roche-mère placée au-dessous est moins riche que lui en carbonate de chaux.

Le tuf finit par établir, à faible profondeur, une couche peu perméable à l'eau, imperméable aux racines des plantes. Le ruissellement sur les terres en pente diminue peu à peu l'épaisseur du sol arable et décape parfois complètement le tuf, qui apparaît à nu, donnant l'impression d'une roche calcaire inattaquable à la charrue. La présence du tuf est un gros obstacle à l'exploitation agricole de beaucoup de terres en Tunisie. Lorsqu'il repose sur du calcaire friable, il peut être enlevé par des appareils suffisamment puissants (sous-soleurs, pl. X). Le mélange de la couche superficielle, un peu décalcifiée, avec les débris du tuf améliore la qualité du sol et les terres détuffées donnent de bonnes récoltes, surtout lorsque le tuf n'était pas trop près de la surface.

Les *terres sablonneuses*, *jaunes*, couvrent de vastes étendues dans le Sud de la Tunisie et sur le littoral. Elles sont constituées par des éléments plus ou moins grossiers, très pauvres en humus, et recouvrent généralement une carapace, calcaire dans le Nord, calcaire-gypseuse dans le Sud. Ces sables, maigres, parfois mouvants, conviennent particulièrement aux cultures arbustives; les céréales n'y réussissent que lorsque la pluviométrie est suffisante, ce qui est assez peu souvent réalisé dans le Sud.

La désagrégation des *grès* donne, dans quelques régions, des *terres jaunes*, *un peu rougeâtres*, peu fertiles, durcissant rapidement sous l'influence des pluies et de la sécheresse; ces sols sont médiocres pour les céréales. Ils sont peu répandus en Tunisie.

Les *schistes gris verdâtres* présentent quelques affleurements de peu d'importance, remarquables par une dénudation presque complète qui indique le peu d'aptitude de ces sols à nourrir une végétation spontanée. La culture les transforme lentement en terres fortes, lourdes; il est préférable de s'abstenir de les cultiver.

En résumé, les caractères du sol se rapprochent beaucoup de ceux de la roche-mère dans les régions Sud, où l'action de la végétation, elle-même dans la dépendance du climat, est très faible. La désagrégation lente de la roche sous l'influence des facteurs physiques en modifie peu la composition. Il faut l'action de l'eau d'irrigation pour transformer ces sols désertiques en terres de culture, transformation

Planche X.

Rupture de la carapace de tuf au moyen d'un sous-soleur remorqué par un tracteur de 75 cv.

heureusement accélérée par la température élevée qui intensifie les phénomènes d'hydrolyse.

Plus la végétation spontanée devient intense sous l'influence de la pluviométrie, elle-même réglée en grande partie par le relief du sol et la latitude, plus la roche-mère est profondément modifiée et plus les terres doivent leurs caractéristiques aux facteurs du climat. Des sols très semblables peuvent alors provenir de roches-mères très différentes. Ces sols deviennent des complexes de colloïdes minéraux et de colloïdes organiques où les actions physico-chimiques, souvent réversibles, dépendent d'un grand nombre de facteurs, parmi lesquels l'humidité du sol et l'humus jouent des rôles prépondérants.

4. Caractères particuliers des sols arides

A défaut d'une étude sur les sols de Tunisie, nous pouvons tenir compte des constatations faites en Amérique du Nord (Widtsoe, 1912), dans des contrées arides très comparables à la plus grande partie des régions à céréales de Tunisie.

La distinction entre *sol* et *sous-sol*, très nette dans les régions humides, l'est beaucoup moins dans les régions arides.

Dans les premières, l'eau de pluie pénètre très profondément, entraîne jusqu'à la couche phréatique le calcaire et les éléments solubles, qui s'y perdent, et fait descendre les fines particules d'argile dans le sous-sol, qui est toujours plus argileux que le sol. Le sous-sol devient compact, dur, difficilement perméable à l'air et aux racines; il est stérile si on le ramène à l'air. Les plantes cultivées ont tendance à développer leurs racines surtout dans la couche superficielle; cette dernière s'appauvrit, à chaque pluie, en éléments solubles facteurs de la fertilité, et la principale préoccupation de l'agriculteur est la restitution des substances nutritives par les fumures.

Dans les régions arides, l'eau se meut lentement, descend à faible profondeur; le sol et le sous-sol sont souvent de même texture, de même perméabilité à l'air et aux racines et de même fertilité sur une grande profondeur (plusieurs mètres)[1]. Les labours profonds ne ramènent jamais à la surface de terre stérile et ils sont d'une grande utilité, comme nous le verrons plus loin. Les racines descendent profondément, jusqu'à deux mètres pour les céréales; le sol et le sous-sol forment un ensemble presque homogène, énorme réservoir de fertilité, si les méthodes de culture appropriées lui assurent un état satisfaisant d'humidité. La présence d'une couche de tuf crée souvent une

(1) L'analyse physique des terres du Service Botanique montre que la proportion d'argile varie peu entre la surface et 0m90 (Yankovitch, 1929).

illusion sur la valeur agricole du sous-sol en lui donnant une apparence de stérilité. Quand elle est enlevée, on est surpris de l'excellente qualité des terres dont on a ainsi modifié la structure.

Au point de vue de leur *constitution physique*, les sols des régions arides contiennent moins d'argile et d'humus, plus de sable que ceux des contrées humides. L'argile étant le dernier degré de pulvérisation et de décomposition des roches, on comprend que sa formation soit assez lente dans les sols où l'action de l'eau est rendue intermittente par de longues sécheresses, et que l'émiettement progressif des roches les fasse persister longtemps à l'état sableux. Ce sable est beaucoup plus fertile que celui des sols humides. Quant à l'humus, peu abondant dans les terres arides, où il se détruit rapidement, il s'y montre par compensation beaucoup plus riche en azote que dans les sols humides (3 fois 1/2 d'après les travaux américains) et sa présence est moins nécessaire pour alléger le sol, que n'alourdit pas un excès d'argile.

La *composition chimique* des sols arides, grâce à l'absence de lessivage par les pluies (le mouvement de l'eau et de substances solubles se réduisant, comme nous le verrons au chapitre suivant, à un va-et-vient sur quelques mètres de profondeur), révèle une grande richesse en substances nutritives : 3 fois plus de potasse, 11 fois plus de chaux, un peu plus d'acide phosphorique, d'après les analyses d'Hilgard, qui a comparé les résultats de 696 analyses de sols humides et de 373 analyses de sols arides aux Etats-Unis.

L'acide phosphorique se montre la première substance à apporter aux terres des régions arides, d'autant plus que la présence d'un excès de calcaire en diminue beaucoup la solubilité (v. au paragraphe Engrais). Les résultats obtenus en Tunisie par l'emploi du superphosphate sont d'ailleurs une confirmation de ces conclusions.

Le calcaire, malgré son abondance, n'a pas l'effet nuisible que l'on constate dans les pays humides : alors que 15 à 20 % est la limite tolérable dans ces derniers, il existe des sols très fertiles contenant 40 % de calcaire dans les régions arides. Certaines terres blanches de Tunisie en fournissent la preuve, dès que la culture les a mises en état d'humidité. Nous avons indiqué précédemment le rôle utile du calcaire, fournissant l'ion calcium aux colloïdes, pour la mobilisation des bases solubles; il est également nécessaire à l'action des bactéries; enfin, sa présence fait qu'il n'existe guère, dans les contrées arides, de terres acides nécessitant de coûteux marnages et chaulages.

La silice soluble, qui joue un rôle important dans la fertilité des sols par la formation de zéolithes d'échange dont il a été parlé plus haut, est également plus abondante dans les sols des régions arides que dans ceux des contrées humides.

En résumé, *les sols arides sont beaucoup plus riches que les sols humides, ils ont une meilleure constitution physique.* C'est ce qui explique qu'ils donnent des récoltes très satisfaisantes dès qu'ils contiennent une quantité d'eau suffisante pour le développement de la végétation. Les anciennes civilisations, qui ignoraient le principe de la restitution, se sont développées dans des régions arides. C'est donc qu'elles avaient trouvé la technique culturale propre à l'exploitation de ces sols. Si nous ne disposons plus de l'abondante main-d'œuvre servile qu'elles utilisaient à l'exécution des multiples façons culturales nécessaires, nous avons de puissants moyens mécaniques nous permettant d'y suppléer.

La richesse du fonds à exploiter est certaine, il faut que l'agriculteur tunisien se pénètre bien de cette vérité, qu'il adapte judicieusement la préparation de son sol au but à atteindre [1]; que, de toutes les méthodes de culture qui nous viennent de l'Europe humide, il ne retienne que les conseils du grand La Fontaine :

« Remuez votre champ dès qu'on aura fait l'août.
« Creusez, fouillez, bêchez, ne laissez nulle place
« Où la main ne passe et repasse... »

Nous ne pouvons que regretter de n'être pas mieux renseigné sur les caractères et les aptitudes des sols de la Tunisie, faute d'une étude pédologique de la Régence.

Les quelques considérations, d'ordre général, qui précèdent montrent combien il est désirable qu'une semblable étude soit entreprise pour toute la partie agricole du pays [2]. Il importe de bien se pénétrer de la nécessité de tenir compte du type de sol dans les recherches concernant les facteurs de la fertilité et les engrais employés comme correctifs. Les résultats d'expériences qui se bornent à l'appréciation empirique des besoins d'un sol par les réactions que fournit une plante aux additions d'engrais ne valent que pour le sol qui a servi aux essais; un sol d'un autre type, même si les principes fertilisants s'y dosent dans la même proportion, peut réagir très différemment à l'apport d'une fumure identique. La généralisation des résultats ainsi obtenus, à laquelle se laissent entraîner, tant les expérimentateurs désireux de donner de l'importance à leurs travaux, que les agriculteurs soucieux de tirer le meilleur parti de ces derniers, est dangereuse par les désillusions qu'elle entraîne et qui risquent de faire douter de la valeur des recherches scientifiques.

Aptitudes des sols a la culture du Blé. — Le Blé s'accommode

(1) Voir plus loin, chapitre : Méthodes de culture, le paragraphe consacré à cette préparation.

(2) Cette étude, confiée au Professeur Agafonoff, est actuellement en cours.

fort heureusement de toutes sortes de terres; il est répandu sous toutes les latitudes, du Nord de l'Europe jusqu'au Sahara et au Niger, et croît à des altitudes très variées. Sa végétation est influencée non seulement par l'abondance des éléments nutritifs qu'il trouve dans le sol, mais aussi par les propriétés physiques de ce dernier; celles qui se rapportent à l'absorption, à la perméabilité, à la capillarité, à la rétention de l'eau, au durcissement, au retrait, jouent un rôle primordial dans les régions semi-arides de la Tunisie.

« Le Froment exige, dans les différents climats, des terrains qui « puissent lui fournir régulièrement la dose de liquide suffisante pour « l'accomplissement de ses fonctions. Cette possibilité est la princi- « pale indication de la nature des terres propres au Froment » (DE GASPARIN). Cette constatation, exprimée par le savant agronome pour la France, s'applique avec beaucoup plus de rigueur encore aux sols de Tunisie.

Les terres franches, de compacité moyenne, légèrement humifères, se travaillant sans donner de grosses mottes, sont celles qui conviennent le mieux à la culture du Blé, lorsqu'elles sont suffisamment pourvues de principes utiles et d'humidité. Beaucoup de terres de coteaux présentent ces caractères à des degrés divers, surtout lorsqu'elles sont en pente douce, ce qui a empêché l'entraînement de la terre végétale. Le ruissellement à la surface des terres plus inclinées met quelquefois à nu le tuf sous-jacent et déchausse des pierres, plus ou moins nombreuses, dont la présence donne au sol une apparence de pauvreté. L'épierrage, le détuffage s'il est nécessaire, des labours profonds, améliorent rapidement ces terres qui s'avèrent généralement bien supérieures à l'appréciation que permet leur examen superficiel. De nombreux défrichements effectués depuis une vingtaine d'années dans ces terres, autrefois délaissées, en ont révélé la grande valeur agricole.

Les terres rouges qui se trouvent dans les mêmes situations sont plus légères, s'échauffent très rapidement, manquent un peu d'humus et perdent rapidement l'humidité, exposant les céréales à l'échaudage.

Les terres légères, même sablonneuses, donnent des récoltes très satisfaisantes de Blé, si le sable n'est pas déplacé par les vents. Elles conservent assez bien l'humidité, si les particules minérales ne sont pas trop grossières et cèdent facilement cette humidité aux plantes. Ces terres, très filtrantes, ne sont généralement pas d'une grande fertilité naturelle et demandent des apports répétés d'engrais.

Les terres argileuses, compactes, des plaines sont le plus souvent bien pourvues d'éléments minéraux et même d'humus dans les régions humides; elles possèdent une grande fertilité naturelle et don-

nent les rendements les plus élevés lorsque leur humidité se conserve jusqu'à la période de maturation du Blé. Elles sont difficiles à travailler, car elles doivent être labourées rapidement, à des moments très précis, correspondant à une humidité moyenne, qui empêche la formation de mottes; elles exigent ainsi de puissants et nombreux moyens d'action que la mécano-culture permet seule de réunir. Elles nécessitent de nombreuses façons superficielles sur la jachère précédant le Blé.

Si la préparation de ces terres est négligée, si elles ne reçoivent pas une quantité suffisante de pluie, elles exposent le Blé à un échaudage qui peut aller jusqu'à la perte complète de la récolte. Cet accident est beaucoup plus fréquent chez les Blés durs que chez les Blés tendres, en raison de leur maturation plus tardive et de leur développement foliacé plus abondant.

Il semble que les Blés tendres précoces doivent avoir le plus de chances de mûrir normalement dans ces terres.

L'étude des diverses variétés de Blé nous a fourni l'occasion de préciser leurs exigences comme sol.

L'influence de la nature du sol sur la résistance des Blés à l'échaudage apparaît nettement pendant les années à pluies déficitaires au printemps, ou à siroco. Il nous a été souvent donné de constater que des parcelles formant de légères cuvettes entre des coteaux, ayant reçu la même préparation, une dose égale d'engrais, semées à la même date, d'une seule variété, étaient échaudées dans le fond de la cuvette et indemnes sur les pentes voisines, ces différences tenant uniquement à une constitution physique variable du sol en ces divers points.

Il serait logique d'exposer dans ce paragraphe le régime des éléments nutritifs du sol : azote, acide phosphorique, potasse, chaux, matières organiques. Le peu que l'on sait actuellement sur ce sujet trouvera sa place dans l'étude des engrais, dont l'emploi devrait être conditionné par la connaissance de l'appauvrissement ou de l'enrichissement des sols en culture.

C. RELATIONS ENTRE LE SOL ET L'EAU

En raison du rôle primordial de l'eau dans la végétation, nous croyons devoir consacrer à la distribution et aux mouvements de ce liquide dans le sol un exposé suffisamment détaillé pour que cette question, qui a fait l'objet d'études très précises de la part de nombreux agronomes, soit clairement comprise des agriculteurs tuni-

siens. Nous utiliserons tout particulièrement les remarquables publications du Professeur A. F. Lebedeff (1918-1927), que cet auteur a eu l'amabilité de nous faire parvenir.

6. Etats de l'eau dans le sol

Nous ferons abstraction de l'eau de cristallisation et de l'eau de constitution, engagées dans la composition des substances minérales ou organiques du sol, pour ne nous occuper que de l'eau libre.

Celle-ci se trouve toujours dans le sol à l'état de vapeur mélangée à l'air des lacunes, à l'état liquide et parfois à l'état de glace solide. Pour nos régions, il est inutile d'envisager ce dernier état, tout à fait exceptionnel et de courte durée; nous étudierons successivement l'eau qui imprègne les particules du sol, son équilibre et ses mouvements, puis la vapeur d'eau de l'atmosphère souterraine.

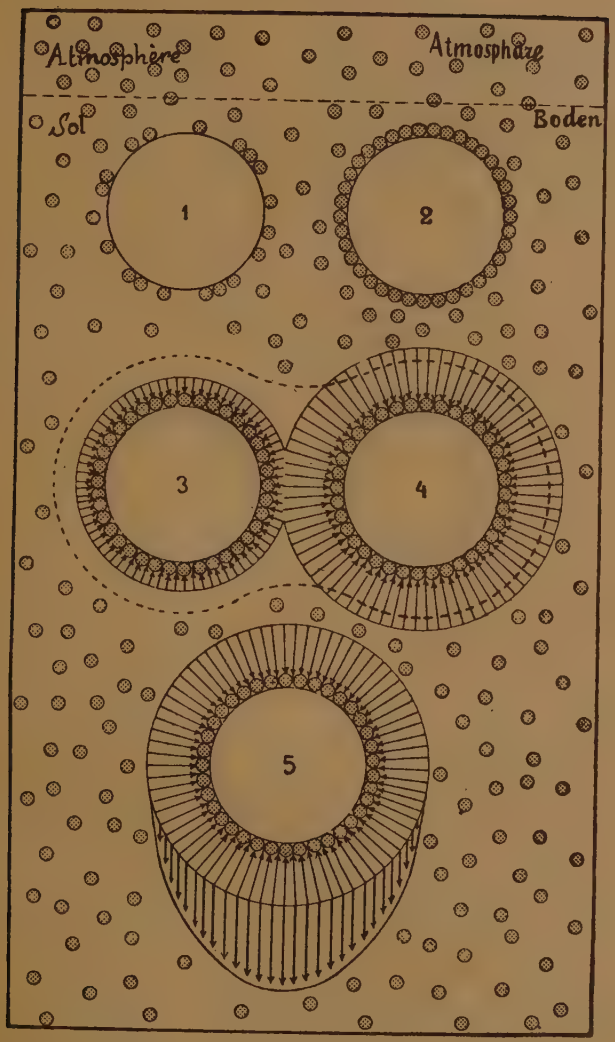
a) Humidité hygroscopique. — De la terre séchée à l'air libre, même en plein soleil, ne perd pas toute l'eau qu'elle contient, ainsi que l'on peut s'en assurer par la perte de poids que cette terre subit à l'étuve à 100-105°. L'eau ainsi retenue, ou *eau hygroscopique*, doit être considérée comme formée de molécules isolées, adhérant fortement aux particules du sol, à la surface desquelles ces molécules tendent à former une couche d'abord interrompue (pl. XI, 1). *L'hygroscopicité maximum* est atteinte quand cette couche, tout en restant monomoléculaire dans son épaisseur, est complète (pl. XI, 2), ce qui correspond au point limite séparant l'état gazeux (molécules isolées) de l'état liquide (molécules jointives). En conséquence, **quand l'humidité d'un sol atteint et dépasse son hygroscopicité maximum, l'atmosphère intérieure du sol est saturée de vapeur (humidité relative = 100),** parce que cet air est au contact d'eau liquide; **tant que l'humidité du sol est inférieure à l'hygroscopicité maximum, l'humidité relative de l'atmosphère du sol est inférieure à 100.** Cette déduction théorique a été vérifiée expérimentalement.

L'hygroscopicité maximum correspond, pour chaque terrain, à un taux d'humidité (par rapport au poids sec) variable avec la nature des composants du sol et le degré de finesse des particules. Ex. : 7,35 % pour un tchernozem (terre noire); 3,18 % pour un podsol (terre grise); 0,41 % pour du sable (Lebedeff).

L'eau hygroscopique est fixée sur les particules du sol par des forces énormes; elle n'en peut être chassée que par la chaleur; ces particularités nous font présumer qu'**elle est immobile et inactive au point de vue de la végétation,** elle n'empêche pas la fanaison des plantes.

b) Humidité moléculaire. — Si l'on remplit un tube vertical assez

PLANCHE XI.



ETATS DE L'EAU DANS LE SOL (EXTRAIT DE LEBEDEFF).

1. — Humidité hygroscopique.
2. — — — maximum.
3 et 4. — Humidité moléculaire.
5. — Eau de gravitation.

long (1m 50) de terre homogène, que l'on arrose lentement jusqu'à écoulement constant par la section inférieure, puis qu'on laisse s'égoutter jusqu'à complet arrêt du suintement, on constate, par des prises d'échantillons à diverses hauteurs, dont on détermine l'humidité :

1° Que la partie supérieure du tube (les deux tiers, par exemple, pour du sable) contient une humidité uniformément répartie, assez faible;

2° Que cette humidité croît rapidement dans la partie inférieure pour atteindre le maximum vers l'orifice.

L'eau est donc retenue par la terre à deux états différents et les deux régions qui les présentent sont séparées par une limite assez nette.

Dans la partie supérieure du tube, *l'eau est retenue autour des particules de terre par les forces moléculaires*, dont la sphère d'action est très réduite (0,006 à 0,056 micron). La force adhésive qui fixe cette mince pellicule d'eau (*eau pelliculaire*, Filmwasser de divers auteurs) est encore considérable (10.700 atmosphères d'après Von der Waal). **Cette eau échapppe complètement à l'action de la pesanteur,** elle ne peut même pas être déplacée par une centrifugation développant des centaines de fois l'accélération de la pesanteur. Il en résulte **qu'elle est très peu mobile; elle ne peut se déplacer, à l'état liquide, que sous l'influence des forces moléculaires agissant de proche en proche dans le rayon d'action de particules voisines; elle peut être attirée par des racines si l'attraction qu'elles développent est supérieure à celle des particules du sol à leur contact** (pl. XI, 3 et 4). Cette eau se partage entre les particules solides de toute nature suffisamment rapprochées pour que leurs sphères d'action des forces moléculaires se touchent. **Le déplacement de cette eau se fait dans tous les sens,** sans rapport avec la pesanteur.

Ces vues théoriques sont confirmées par l'expérience, en plaçant en contact des couches de terre présentant des degrés différents d'humidité moléculaire. La répartition de l'humidité tend à s'uniformiser dans toutes les couches, quel que soit leur mode de superposition, et l'on constate que la *compression d'une couche sèche en stimule l'humidification au contact d'une couche humide peu compacte* (Lebedeff). Le défaut de tassement de la couche sèche en retarde l'humidification au contact d'une couche humide compacte. Ces faits ont une importance pratique considérable au point de vue des effets de l'ameublissement et du tassement du sol.

L'*humidité moléculaire maxima* ne se trouve réalisée que lorsque le sol vient d'être mouillé puis égoutté. S'il est ensuite soumis à des causes d'évaporation, les pellicules aqueuses s'évaporent peu à peu et l'humidité moléculaire diminue jusqu'à sa limite inférieure, qui

est l'hygroscopicité maxima (une pellicule monocellulaire d'eau), étudiée plus haut.

c) Eau de capillarité. — L'expérience, citée plus haut, de filtration de l'eau à travers un tube de 1^m 50 rempli de terre a permis de constater l'existence à la partie inférieure d'une couche beaucoup plus riche en eau que celle qui occupe la partie supérieure (16 % au lieu de 1,81 % avec du sable (Lebedeff).

La même expérience, faite avec des tubes de diverses longueurs (0^m 10 à 1^m par exemple), montre que, dans tous les tubes, la partie inférieure qui retient beaucoup d'eau présente la même hauteur (0^m 20 pour du sable); que seule la partie supérieure, qui ne garde que l'eau moléculaire échappant à la pesanteur, présente une longueur variable. *Il existe donc une force de valeur constante qui empêche l'eau de s'égoutter de la partie inférieure des tubes*, puisque toutes les colonnes de terre non égouttée ont la même hauteur. **Cette force est la capillarité;** une colonne de terre peut être assimilée à un faisceau de tubes capillaires.

Si un tube capillaire plonge dans l'eau par sa base, le liquide s'élève dans le tube jusqu'à un certain niveau déterminé par le diamètre du tube et la nature de ses parois. Si le tube capillaire est suspendu verticalement dans l'air, l'eau versée à sa partie supérieure s'écoule, mais le tube ne se vide pas complètement et une colonne d'eau reste suspendue dans sa partie inférieure (c'est le cas du tube de terre envisagé plus haut).

L'eau de capillarité échappe donc à la gravitation, mais la quantité qui se maintient dans une colonne de terre homogène, régulièrement tassée, est limitée par le diamètre des interstices capillaires formant un réseau entre les particules.

Le sol présente des lacunes représentant environ 50 % de son volume (voir chapitre Méthodes de culture). Beaucoup de ces lacunes, séparant les agrégats terreux, sont trop grandes pour que l'eau les remplisse par capillarité. Il en résulte que les colonnes de terre sont fréquemment interrompues et que chaque agrégat se comporte comme un système capillaire isolé, ce qui permet à la masse du sol de retenir une quantité d'eau beaucoup plus considérable que si elle était régulièrement tassée. L'expérience rapportée ci-dessus, avec des séries de tubes de diverses longueurs, constitue une démonstration de ce fait important. Un tube de 20 centimètres, rempli de sable, retient l'eau de capillarité sur toute sa hauteur. Un tube de 1 mètre la conserve sur les 20 centimètres de sa partie inférieure. Si l'on remplace ce dernier tube par cinq tronçons de 20 centimètres, la quantité d'eau de capillarité retenue dans le même poids de terre sera multipliée par

cinq. On comprend toute l'importance des travaux d'ameublissement profond du sol, qui rompent la continuité du tassement et fragmentent sa masse en nombreux systèmes capillaires indépendants.

d) Eau de gravitation. — Si l'on dose l'humidité dans la terre de tubes à travers lesquels on a fait filtrer de l'eau, aussitôt que l'eau a disparu de la surface, sans attendre que l'écoulement ait cessé par l'orifice inférieur, on trouve une teneur uniforme en eau sur toute la hauteur des tubes, quelle qu'en soit la longueur, et ce pourcentage est supérieur à celui que l'on trouve pour l'eau retenue par capillarité. Dans de telles conditions, le sol est gorgé d'eau; le dosage donne sa *capacité maximum d'humidification* et la différence entre ce chiffre et l'eau retenue après égouttage représente la quantité d'eau soumise à l'action de la pesanteur, qui traverse le sol sans pouvoir y être retenue par les forces moléculaires. Cette eau descend dans le sol s'il est suffisamment humide, jusqu'à la rencontre d'une couche imperméable, ou se transforme en eau de capillarité et en eau de pellicule, si elle arrive au contact de couches où ces états ne présentent pas leur valeur maximum.

7. Equilibre de l'eau dans le sol

L'eau de gravitation ne constituant qu'un état transitoire, l'eau en équilibre dans le sol est donc représentée, d'une part, par l'eau hygroscopique et l'eau de pellicule, toutes deux retenues à la surface des particules solides par des forces moléculaires puissantes, d'autre part, par l'eau de capillarité, pour ainsi dire suspendue dans les interstices de petites dimensions. C'est l'eau en équilibre que l'on mesure quand on détermine l'humidité d'un sol égoutté; c'est elle qui entretient la végétation et qui intéresse l'agriculteur.

Sa quantité (proportion % de terre sèche) est très variable d'un sol à l'autre suivant la nature et la finesse de leurs éléments constitutifs, leur degré de tassement ou d'ameublissement.

a) Equilibre dans un sol homogène. — Les paragraphes qui précèdent montrent comment l'équilibre s'établit dans un sol homogène. Si la surface est très sèche, les premiers centimètres peuvent ne présenter qu'une humidité hygroscopique d'abord incomplète puis maximum; au-dessous, une couche d'épaisseur variable comprend en outre l'humidité moléculaire ou eau de pellicule qui tend à s'uniformiser, lentement, de proche en proche; plus bas, l'eau de capillarité est pour ainsi dire suspendue dans les interstices.

Si la région est humide et possède une couche aquifère suffisamment rapprochée de la surface, la zone contenant l'eau de capillarité

peut descendre jusqu'à cette zone aquifère, qui l'alimente alors par en bas. Ce dernier cas est rare dans les régions arides.

b) Equilibre dans un sol formé d'horizons différents superposés. — Mais le sol n'est pas homogène, il est généralement formé d'horizons superposés, se distinguant par des structures et des compositions différentes, et possédant chacun un équilibre aqueux particulier. Ces équilibres s'influencent réciproquement, dans une certaine mesure, à leurs surfaces de contact et il est de la plus grande importance de connaître les capacités respectives des différents horizons du sol pour l'eau pour apprécier la valeur agricole des terres, qu'il s'agisse de régions sèches où l'approvisionnement du sol en eau risque d'être insuffisant ou de régions humides où l'excès d'eau devient rapidement préjudiciable aux cultures.

Nous empruntons au remarquable travail du Professeur Lebedeff (1927) le tableau suivant, donnant la répartition de l'eau dans trois tubes de 2 mètres de haut contenant :

Le n° I, du loess (terre forte, argileuse, à éléments fins) sur toute sa longueur;

Le n° II, une succession de haut en bas de 50^{cm} de terre noire, 50^{cm} de Loess, 50^{cm} de sable fin, 50^{cm} de gros sable, les sols superposés ayant des éléments dont la grosseur croît du sommet à la base du tube;

Le n° III, la même succession, mais dans un ordre inverse.

Les chiffres du tableau 16 permettent des constatations qui intéressent au plus haut point l'agriculture :

1° Par ordre décroissant d'humidité, les sols en expérience se classent comme suit : terre noire à éléments fins et riche en humus (35,8 %); loess à éléments fins, beaucoup moins humifère (25,4 à 29 %); sable fin (2,5 à 3,3 %) et sable grossier (2 %). Les deux premiers ont une capacité considérable pour l'eau, mais une grande partie se trouve fixée par attraction moléculaire (environ 16 % pour le loess; les sables retiennent peu d'eau, leur humidité moléculaire est de 2 % environ);

2° Chaque sorte de terrain conserve sa capacité spéciale pour l'eau et son équilibre propre, que ce sol soit homogène dans toute sa profondeur (sol I) ou qu'il soit formé d'horizons de structures mécaniques très différentes (tubes II et III);

3° La couche supérieure des tubes et leur couche inférieure, sur une faible épaisseur au voisinage immédiat des orifices, sont toujours un peu plus humides que les régions voisines. Il en est de même dans le tube II aux surfaces limites des sols de natures différentes (terre

TABLEAU 16. — **Equilibre de l'eau dans un sol homogène et dans deux sols formés d'horizons successifs constitués par des éléments de grosseurs différentes** (d'après A. F. LEBEDEFF).

HAUTEUR en cm.	TUBE I			TUBE II			TUBE III		
	Nature du sol	Eau %	Moyenne	Nature du sol	Eau %	Moyenne	Nature du sol	Eau %	Moyenne
200	Loess	28,4		Ter. noire	39,2		Gr. Sable	2,4	
190	»	24		»	36,2		»	2,1	
180	»	24,9		»	36,2		»	2,1	
170	»	25,6	25,4	»	33,6	35,8	»	1,8	2,0
160	»	24,8		»	31,1		»	1,9	
151-150	»	25		»	35,4		»	1,8	
150-149	»	»		Loess	29		Sable fin	2,6	
140	»	25,7		»	27,6		»	2,5	
130	»	26,1		»	28,4		»	2,4	
120	»	26,3	25,8	»	28,1	29,0	»	2,4	2,5
110	»	25,1		»	27,2		»	2,4	
101-100	»	26		»	33,6		»	2,4	
100-99	»	»		Sable fin	3		Loess	28,8	
90	»	26,7		»	2,7		»	28,9	
80	»	26,3		»	2,7		»	28,6	
70	»	24,4	25,4	»	2,7	3,3	»	29,1	29
60	»	24,3		»	3,5		»	29,5	
51-50	»	25,4		»	5,3		»	30,2	
50-49	»	»		Sable gr.	2,9		Ter. noire	38,8	
40	»	25,9		»	3,2		»	43,5	
30	»	26,8		»	4,3		»	41,8	
20	»	27,8	29,3	»	10,6	» (1)	»	41,9	43,6
10	»	29,7		»	11,1		»	47,6	
0-1	»	36,4		»	14,7		»	47,6	

(1) Nous ne faisons pas cette moyenne, les trois derniers chiffres indiquant la présence probable d'eau de gravitation (F. BŒUF).

noire et loess, loess et sable fin, sable fin et sable grossier, c'est-à-dire aux points où un sol repose sur un autre à éléments plus gros).

Il y aurait lieu d'étudier avec soin les influences réciproques des horizons les uns sur les autres, car elles paraissent atteindre une certaine importance si l'on considère qu'une faible augmentation du pourcentage total correspond à un sérieux accroissement de l'eau réellement disponible.

Dans le tableau ci-dessus, on constate que le même loess compris entre 100 et 150^{cm} (soit de 50 à 100^{cm} de la surface) retient 25,8 % d'eau dans un terrain homogène (tube I) et 29 % si ce loess est intercalé entre de la terre noire et du sable fin (tube II et tube III).

La comparaison des tubes II et III montre que l'équilibre dans chacun des horizons du sol s'établit quel qu'en soit l'ordre de superposition.

L'expérience suivante permet de montrer le passage de l'eau d'un sable dans un tchernozem d'Odessa, placé soit au-dessus de lui (I), soit au-dessous (II) :

		Humidité pour cent	
		au début de l'expérience	27 heures après
		—	—
Expérience I ...	Sable.....	9,41	3,83
	Tchernozem.	22,37	28,74
Expérience II ..	Tchernozem.	11,23	31,34
	Sable.....	20,68	4,01

La température exerce une influence sur la vitesse avec laquelle s'établit l'équilibre entre des couches inégalement humides. *L'élévation de la température facilite le mouvement de l'eau*, sans doute en diminuant sa viscosité. Une expérience de A. F. Lebedeff dans laquelle une couche humide (19,41 %) était placée entre deux couches sèches (11,29 %) a montré qu'en vingt-huit jours le déplacement de l'eau à la température de 30° surpasse de 20,3 % celui qui est constaté à la température de 12°5.

On comprend toute l'importance de la connaissance parfaite du sol et du sous-sol, quant à leur constitution physique, pour la détermination de leurs aptitudes à emmagasiner l'eau. Les meilleurs sols pour les régions arides sont ceux à éléments suffisamment fins, homogènes sur une grande profondeur. La présence de couches intercalaires sableuses, ou graveleuses, diminue considérablement leur valeur agricole en raison de l'impossibilité d'y accumuler un approvisionnement

suffisant d'humidité, et de l'obstacle que les matériaux grossiers apportent à la circulation ascendante de l'eau de capillarité et de l'humidité moléculaire.

8. Mouvement de l'eau liquide dans le sol

Nous avons vu que l'eau hygroscopique était retenue à la surface des particules du sol et ne pouvait en être détachée que par la chaleur, à l'état de vapeur; que l'humidité moléculaire ou eau de pellicule était retenue énergiquement et ne se déplaçait que lentement, de particule à particule, pour maintenir un état d'équilibre. Il résulte de ces considérations physiques que seule l'eau de capillarité est réellement mobile et obéit aux lois de l'hydrostatique. Des expériences très simples le prouvent.

a) Mouvement descendant. — Un tube vertical de 20^{cm} de long, rempli de terre et arrosé par le haut, contient, nous l'avons vu plus haut, une quantité d'eau en équilibre, uniforme à tous les niveaux, correspondant à la capacité maxima de ce sol pour l'eau de capillarité (s'ajoutant aux humidités hygroscopique et moléculaire). Lorsque tout écoulement a cessé par le bas, si l'on ajoute par le haut quelques gouttes d'eau, la même quantité s'échappe immédiatement de la section inférieure. Il y a eu transmission instantanée de la pression hydrostatique à travers la colonne de terre saturée d'eau en équilibre et il s'est détaché à la partie inférieure une quantité d'eau égale à celle qui a été ajoutée, pour rétablir l'équilibre rompu. Il est facile de montrer qu'il y a eu simplement transmission de pression. Au lieu d'ajouter de l'eau pure, on se sert d'eau contenant une trace de sel qu'il est facile de reconnaître, dans une solution, par un examen spectroscopique (du chlorure de lithium par exemple). On constate que l'eau qui s'écoule à chaque addition est absolument exempte de ce sel.

Si l'on répète l'expérience avec un tube, long de 1 mètre, dans lequel nous savons qu'il existe une partie inférieure, longue d'environ 20^{cm}, contenant de l'eau de capillarité, le reste du tube n'ayant retenu que de l'humidité moléculaire, l'écoulement est d'autant plus long à se produire que cette dernière partie de la colonne est plus haute, mais il donne une quantité d'eau égale à celle qui a été ajoutée et tout à fait exempte de sel. La recherche de ce dernier montre qu'il est descendu jusqu'au niveau où commence l'eau de capillarité.

La pression hydrostatique ne se transmet pas par l'eau pelliculaire (humidité moléculaire) mais uniquement par l'eau de capillarité.

b) Mouvement ascendant. — L'ascension de l'eau dans un tube capillaire dont la base plonge dans le liquide est bien connue; le niveau auquel parvient la colonne de liquide est fonction du diamètre du

tube capillaire et de la nature des parois. Cette force ascensionnelle n'élève donc l'eau qu'à une hauteur déterminée au-dessus de la nappe d'eau d'alimentation, mais comme cette force est constante, la disparition de l'eau de capillarité à la partie supérieure de la couche qui la contient est rapidement compensée par la pénétration d'une égale quantité d'eau par la section inférieure du tube.

Dans les régions arides, la zone aquifère est généralement trop profonde pour que son action s'exerce sur le sol et le sous-sol. La couche de sol contenant de l'eau de capillarité repose sur une couche plus sèche; cette eau est suspendue comme celle qui se trouve dans un tube capillaire dont la base est dans l'air. Cette eau ne paraît pas capable de se déplacer vers le haut pour remplacer celle que l'évaporation peut enlever. LEBEDEFF le montre en remplissant de sable saturé d'eau deux tubes larges et courts dont l'un plonge dans l'eau par sa base, tandis que l'autre est dans l'air et en faisant passer au-dessus (à 2^{cm}) la flamme horizontale d'un brûleur à gaz. Après huit heures, le premier tube a conservé son taux d'humidité, parce que l'évaporation a été compensée par l'ascension de l'eau qui entoure sa base, tandis que le second présente une dessiccation décroissante du sommet à la base, preuve que l'eau qu'il contenait n'a pas présenté de mouvement ascendant.

Les mouvements de l'eau liquide dus aux phénomènes de capillarité se réduisent donc à peu de chose quant aux distances parcourues, surtout lorsque la nappe aquifère souterraine ne peut intervenir.

Il faut en conclure qu'il existe, sans doute, pour l'humidité, d'autres moyens de se déplacer dans le sol, et cela nous conduit à envisager le rôle de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère souterraine.

9. Humidité relative de l'atmosphère souterraine (1)

Nous avons vu, en parlant de l'humidité hygroscopique du sol, que lorsque cette humidité est maximum, l'atmosphère souterraine est saturée de vapeur d'eau; cette dernière présente donc la tension maximum, représentée par 100. *Dans les conditions naturelles, l'air du sol est toujours saturé de vapeur d'eau à partir d'une profondeur de*

(1) Définitions :

Humidité absolue de l'air (f) = tension ou pression de la vapeur d'eau de l'atmosphère.

Tension maximum de la valeur d'eau (F) = tension correspondant à la saturation de l'air par la vapeur d'eau. Elle existe pour l'air en présence de l'eau liquide dans une enceinte close; elle augmente avec la température.

Humidité relative de l'air ou fraction de saturation $= \frac{f}{F}$

Les tensions s'expriment en millimètres de mercure. L'humidité relative s'exprime en unités pour 100.

5 à 10 centimètres. **Connaissant la température du sol, on peut en déduire la tension de la vapeur d'eau qu'il contient.** *Seule la couche superficielle, soumise à la dessiccation, présente une humidité hygroscopique souvent inférieure à sa valeur maximum, et l'humidité relative de son air est alors inférieure à 100.* Des mesures de cette humidité relative, dans ces conditions, montrent qu'*elle augmente avec l'élévation de la température* (LEBEDEFF). Elle passe, par exemple, de 81 à 92 pour un tchernozem d'Odessa à 3,99 % d'humidité, lorsque sa température passe de 10° à 45°.

10. Condensation, dans le sol superficiel, de la vapeur d'eau atmosphérique

Pour que la vapeur d'eau passe de l'atmosphère dans le sol, il faut que la *tension* (pression) de cette vapeur soit plus grande dans le premier que dans le second. Or, des mesures directes ont montré que, pendant toute l'année, dans le Sud de la Russie (400 à 500^{mm} de pluie), pour une terre noire, sur 3 mètres de profondeur, la *tension de la vapeur de l'air du sol est plus grande que celle de la vapeur dans l'atmosphère.* Ces conditions déterminent le passage de la vapeur d'eau du sol dans l'atmosphère et non en sens inverse.

Seule fait exception la couche superficielle de quelques centimètres d'épaisseur. Celle-ci peut condenser de la vapeur d'eau atmosphérique pour deux raisons :

1° Le rayonnement nocturne abaisse la température des particules en contact avec l'atmosphère au-dessous du point de condensation de la vapeur d'eau atmosphérique. Il se dépose sur ces particules de l'eau liquide, la *rosée.* Ce phénomène est de courte durée, ne se produit pas tous les jours, et les déterminations de nombreux expérimentateurs varient entre 6 et 10^{mm} comme estimation de la quantité d'eau apportée par la rosée, annuellement, dans les régions méridionales de la France (CHAPTAL, 1930);

2° La tension de la vapeur d'eau peut être plus grande dans l'atmosphère libre que dans l'air du sol, en raison de l'état de dessiccation de ce dernier et de l'abaissement de la température. La différence de pression fait passer de la vapeur d'eau de l'air libre dans l'atmosphère souterraine, les particules du sol reprennent leur hygroscopicité maximum, puis fixent de l'eau à l'état de pellicules. L'air souterrain étant à l'état de saturation dès que son hygroscopicité maximum est atteinte, il y a précipitation d'eau liquide tant que l'équilibre de pression de vapeur n'est pas atteint entre le sol et l'atmosphère.

Ce phénomène se produit même en plein jour, il dure souvent toute la nuit, il se produit même si le rayonnement nocturne est supprimé.

La quantité d'eau ainsi fixée est beaucoup plus importante que celle due à la rosée.

L. Chaptal a trouvé à Montpellier, en août, pour une moyenne de 9 jours (25 août-6 septembre), une fixation journalière par hectare de sol de : rosée 320 litres, autres dépôts 6.246 litres 6.

Lebedeff donne pour Odessa : 126 journées de condensation en 1896, 162 en 1897, 179 en 1898, correspondant à une condensation annuelle moyenne de 73 millimètres d'eau. Cet auteur fait remarquer qu'une partie de cette eau a pu venir, à l'état de vapeur, des couches plus profondes du sol, à tension de vapeur élevée, mais que néanmoins l'intensité de fixation de la vapeur d'eau atmosphérique est plutôt supérieure au chiffre trouvé expérimentalement, les conditions de l'expérience étant moins favorables à cette fixation que celles que présente le sol naturel.

Le rôle hydrologique de la couche superficielle du sol est donc considérable et les données qui précèdent expliquent les bons effets de l'entretien de cette couche desséchée sur la conservation de l'humidité des couches plus profondes.

Plus cette couche est sèche, moins elle évapore d'eau dans la journée; plus la tension de la vapeur d'eau dans ses lacunes est faible et par conséquent mieux elle est apte à absorber la vapeur d'eau de l'atmosphère. Elle constitue une couche isolante dans laquelle les variations de l'humidité jouent entre les limites de l'humidité hygroscopique et de l'eau de pellicule, fortement retenue par la force d'attraction moléculaire. L'eau qu'elle reçoit des couches profondes ne lui parvient guère à l'état liquide, mais surtout à l'état de vapeur, question qu'il importe d'envisager maintenant.

11. Mouvement de la vapeur d'eau dans le sol et dans le sous-sol

a) Cause. Vérification expérimentale. — Si l'on fait abstraction de la couche tout à fait superficielle dont nous venons d'envisager le rôle hydrologique, nous savons que, dans tout le sol, l'atmosphère des lacunes est saturé de vapeur d'eau (tension maximum). Cette tension est fonction de la température et croît avec elle [1].

La température du sol subit des variations journalières et des variations saisonnières dues aux apports de calories par le rayonnement solaire, les vents chauds, la condensation de la vapeur d'eau [2]; aux

(1) Température..... 0° 10° 20° 30° 40°
Tension maxima de la vapeur[mm]..... 4.58 9.18 17.41 31.56 54.97

(2) Un gramme de vapeur d'eau qui se condense libère environ 600 calories. Un gramme d'eau qui se vaporise les absorbe.

pertes de calories par rayonnement, contact avec de l'air froid, évaporation de l'eau. La faible conductibilité du sol fait que les couches placées à diverses profondeurs ne sont pas à la même température.

Dans le sol, il y a constamment distillation de l'eau des parties les plus chaudes vers les parties les plus froides; le déplacement de l'eau se fait à l'état de vapeur.

Une expérience de LEBEDEFF montre la réalité de cette distillation des couches chaudes vers les couches froides et la condensation de l'eau en gouttelettes dans ces dernières, qui deviennent des horizons aquifères, au moyen d'un tube de verre contenant du sable humide à sa partie inférieure, du sable séché à l'air dans le reste de sa longueur et dont les différentes parties sont maintenues à des températures différentes (40°, 15°, 9°, 15°). Il se forme des anneaux aqueux dans les parties à basse température, par condensation de la vapeur d'eau qui afflue en ces points sous l'influence des différences de tension. Il suffit qu'une couche intermédiaire reçoive plus d'eau, d'une de ses voisines, qu'elle n'en cède à l'autre, pour condenser de l'eau liquide.

b) VARIATIONS DE LA TEMPÉRATURE DU SOL. — Nous donnons, dans le tableau 17 ci-après, une esquisse des variations de la température du sol, de la surface jusqu'à 1 mètre de profondeur, dans un sol naturel, exempt de végétation, mais non travaillé depuis une dizaine d'années, au Service Botanique. Pour limiter ce tableau nous ne donnons que la situation au début de chaque mois (moyenne des cinq premiers jours), ce qui suffit pour représenter l'allure normale du phénomène.

Les variations de température du sol ayant pour conséquence un mouvement de la vapeur d'eau, les deux phénomènes doivent être étudiés ensemble.

c) MOUVEMENT JOURNALIER DE LA VAPEUR D'EAU DANS LE SOL. — Pour se rendre compte du déplacement de la vapeur d'eau au cours de la journée, il serait nécessaire de disposer des diagrammes de la température enregistrée, alors que nous ne disposons que des températures maxima et minima. Ces données permettent cependant de se rendre compte du sens de ce déplacement.

La couche très superficielle (2^{cm}) présente des variations de grande amplitude allant de 37° en juillet à 10° en décembre; cette amplitude va de 1° à 9° pour les autres couches et décroît régulièrement avec la profondeur, si bien qu'à 1 mètre elle oscille entre 1° et 4°.

La couche superficielle présente à toute époque de l'année le maximum et le minimum de tous les niveaux. Elle est donc alternativement la plus chaude (pendant la journée) et la plus froide (pendant la nuit). Elle a tendance à recevoir de la vapeur des couches plus

Tableau 17. — Température du sol (nu, non travaillé) de la surface à 1 mètre de profondeur, pendant l'année agricole 1928-1929, au Service Botanique.

Moyennes des cinq premiers jours de chaque mois (T, maximum; t, minimum; M, moyenne; D, amplitude de la variation journalière).
Les températures moyennes les plus basses sont en caractères gras.

1928

PROFONDEUR	SEPTEMBRE				OCTOBRE				NOVEMBRE				DÉCEMBRE			
	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.
2 centim.....	51	16	33	35	45	18	32	27	27	7	17	20	16	6	11	10
10 »	34	36	30	8	29	20	25	9	19	14	**16**	5	12	7	**9**	5
30 »	33	27	30	6	29	23	26	6	24	15	20	9	16	11	13	5
60 »	28	26	27	2	25	22	24	3	21	18	20	3	16	12	14	4
100 »	27	24	**26**	3	25	22	**23**	3	20	19	20	1	17	15	16	2

1929

PROFONDEUR	JANVIER				FÉVRIER				MARS				AVRIL			
	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.
2 centim.....	16	2	9	14	17	2	9	15	22	4	13	18	30	9	19	21
10 »	10	6	**8**	4	10	5	**8**	5	12	7	**9**	5	16	11	14	5
30 »	14	9	11	5	13	8	10	5	15	9	12	6	18	12	15	6
60 »	13	10	11	3	11	8	**9**	4	12	9	**10**	3	18	11	**12**	3
100 »	14	12	13	2	12	10	11	2	12	9	11	3	14	12	13	2

PROFONDEUR	MAI				JUIN				JUILLET				AOUT			
	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.
2 centim.....	40	11	25	29	43	13	28	30	54	17	36	37	55	19	37	36
10 »	25	16	21	9	28	20	24	8	34	25	30	9	32	25	28	7
30 »	21	17	19	4	26	21	24	5	29	25	27	4	30	27	28	3
60 »	18	15	17	3	22	19	20	3	25	23	24	2	27	24	26	3
100 »	17	15	**16**	2	21	17	**19**	4	23	21	**22**	2	26	23	**24**	3

profondes, pendant la nuit et même pendant les premières heures du jour, bien que les condensations nocturnes lui aient permis de dépasser son humidité hygroscopique maximum. Elle se réchauffe beaucoup plus vite que la couche sous-jacente et lui cède de la vapeur d'eau pendant une partie de la journée, au moins tant qu'elle conserve son hygroscopicité maximum, c'est-à-dire pendant toute la période humide de l'année.

Quant aux autres couches, leurs courbes de variations sont à peu près parallèles entre elles, ne se coupent pas, ce qui indique que le déplacement de la vapeur se fait dans le même sens toute la journée et qu'il y a lieu de considérer seulement les variations saisonnières du phénomène. La vague journalière de chaleur est peu marquée à 1 mètre de profondeur, ainsi que le montre le peu d'écart entre les maxima et les minima.

d) Mouvement saisonnier de la vapeur d'eau dans le sol. — L'examen du tableau 17 montre que la température moyenne (colonne M) subit au cours de l'année des variations déterminant deux périodes très nettes dans le mode de distribution de la température du sol.

De novembre à février, la température la plus basse est donnée par le thermomètre placé à 10^{cm} de la surface et la température croît avec la profondeur. L'eau des pluies qui tombent surtout pendant cette période refroidit le sol, d'abord par sa température propre et aussi par son évaporation, qui consomme beaucoup de calories. Le refroidissement gagne peu à peu en profondeur et le thermomètre placé à 1 mètre donne sa plus basse température en février-mars. *De novembre à février, le déplacement de la vapeur d'eau dans le sol se fait donc de bas en haut*, entre 1 mètre et 0^{m} 10 de profondeur, mouvement inverse de celui de l'eau de gravitation et dont l'effet s'oppose à l'infiltration profonde des eaux pluviales. Entre la surface et 10^{cm} de profondeur, le mouvement est inverse, sauf aux heures les plus froides du début du jour.

L'eau du sol n'est bien garantie, pendant cette période, contre l'évaporation que si la couche tout à fait superficielle reste à une température moyenne supérieure à celle qui existe à 10^{cm}. Mais si des vents froids refroidissent la surface par leur contact et surtout par l'accélération de l'évaporation, la protection due à la couche superficielle disparaît. Le mouvement ascendant de la vapeur se produit jusqu'à la surface du sol. C'est pourquoi les vents froids et secs d'hiver sont si desséchants et exercent leur action à une si grande profondeur. Tant que la surface du sol n'est pas protégée contre l'évaporation par la végétation, il est désirable qu'elle reste aussi sèche que possible sur quelques centimètres d'épaisseur, afin qu'elle évapore peu et ne se refroidisse pas.

D'avril à octobre, la situation est inverse; c'est la couche la plus profonde qui est la plus froide. La quantité de calories reçues par le sol est d'autant plus considérable que la période d'insolation journalière est plus longue et le soleil plus haut. La propagation de la chaleur étant assez lente à travers le sol, mauvais conducteur, la partie supérieure s'échauffe beaucoup plus vite que les parties profondes (comme elle s'était refroidie plus rapidement dans la période précédente).

D'avril à octobre, le mouvement de la vapeur d'eau dans le sol se produit de haut en bas, il contrebalance partiellement le mouvement ascendant de l'eau par capillarité et par migration de pellicule à pellicule, que détermine l'évaporation par la surface; il peut se traduire par une augmentation de l'humidité des couches profondes du sol, ainsi qu'en témoignent les chiffres suivants :

Humidité des terres au Service Botanique pendant l'été 1929
(YANKOVITCH 1929)

	Profond.	19 mars	8 avril	1 mai	4 juin	24 juillet	23 août	25 sept.
Culture de blé	0—30cm	16,7	13,2	10,0	8,5	5,9	5,1	
	30—60	18,6	15,2	10,2	7,6	3.1	7,5	
	60—90	17,5	18.0	13,7	»	9,5	10,1	
Jachère travaillée	0—30cm		16,0	15,0	13,4	8,3		10,0
	30—60		15,5	15,5	12,8	13,2		12,8
	60—90		14,2	15,2	13,2	14,0		14,4

Les traits indiquent l'augmentation de l'humidité des couches de 30 à 60cm et de 60 à 90cm en été, alors que les couches plus hautes se dessèchent. A remarquer la grande différence d'humidité, surtout l'été, entre le sol qui vient de porter du Blé et celui qui est en jachère cultivée.

Il est curieux de constater que, *pendant toute l'année, le jeu des variations de la température dans le sol crée un mouvement de la vapeur d'eau contraire au déplacement de l'eau liquide;* fait très favorable à l'agriculture, puisqu'il concourt à maintenir le plus possible d'humidité dans les couches du sol occupées par les racines des plantes.

Entre les deux périodes bien caractérisées que nous venons de considérer se place une période transitoire de février-mars, pendant laquelle les différences de température du sol sont très faibles entre

toutes les couches du sol, de la surface à 1 mètre et probablement bien au delà. En plus du minimum de température à 10cm qui caractérise la période hivernale, on en observe un autre à 60cm qui prélude à l'établissement du régime estival de température.

Le tableau ne montre pas de période transitoire entre octobre et novembre, sans doute parce que les chutes de pluies provoquent un brusque renversement du régime des températures.

L'intensité de la migration de la vapeur d'eau, dans l'un ou l'autre sens, est fonction de l'écart de température entre la couche la plus chaude et la couche la plus froide. Ces écarts sont les suivants :

Mois	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Mouvement descendant	7	9				1	4	6	9	9	14	13
Mouvement ascendant			4	7	5	2	2					

Le mouvement descendant de la vapeur présente son maximum en juillet-août et le mouvement ascendant, moins intense, montre le sien en décembre.

Cette allure générale du phénomène peut être troublée par les circonstances météorologiques passagères. Nous avons déjà signalé l'influence desséchante des vents froids d'hiver. Un froid vif et sans vent, à la même époque, en exagérant la différence de température entre la surface et les couches profondes, surtout si la période froide est durable, active la montée de la vapeur d'eau à partir des couches profondes bien au delà de 1 mètre de profondeur, et cette vapeur vient se condenser dans les couches supérieures.

Une pluie légère, survenant pendant la période chaude, ne mouillant pas profondément le sol, en refroidit la couche superficielle par sa température et son évaporation; elle provoque un appel de vapeur d'eau des couches plus profondes et plus chaudes, et, lorsque la pluie est évaporée, le sol se trouve plus sec que si la pluie n'avait pas eu lieu. Dans les régions arides, il est à souhaiter que les pluies d'automne ne soient pas trop précoces et surtout qu'elles soient assez copieuses pour refroidir profondément le sol, afin de réduire le mouvement ascensionnel de la vapeur d'eau à une époque où l'évaporation par la surface est encore considérable.

Des mesures directes de l'intensité du mouvement de l'eau sous forme de vapeur des couches profondes vers la surface du sol, rapportées par Lebedeff, donnent les gains suivants pour la couche superficielle de 2 mètres d'épaisseur :

Pour Odessa, 66mm 2 du 26 octobre 1914 au 1er mars 1915 (dont 44,7 jusqu'au 16 décembre); pour Rostov-sur-Don, 66mm du 7 octobre 1922

au 6 mars 1923. Ce processus a été confirmé pour la région de Kouban (Tiuremny) et pour le désert sablonneux de Kairouan (Orloff). Il serait utile de déterminer l'importance de cette montée de l'eau à l'état de vapeur dans nos régions. Elle est probablement du même ordre de grandeur.

L'échauffement et le refroidissement du sol à 1 mètre de profondeur, c'est-à-dire la progression de la vague de chaleur dans l'épaisseur du sol, dans les deux sens, présente un sérieux retard sur la saison :

Le maximum apparaît en août à la surface du sol (moyenne de la journée);

Le maximum apparaît en septembre à 1 mètre de profondeur.

Le minimum s'observe en janvier-février à la surface;

Le minimum s'observe en février-mars à 1 mètre de profondeur.

On admet généralement que la couche du sol à température constante, ne subissant pas les influences inverses du rayonnement solaire et du rayonnement du sol, est située à environ 20 mètres de profondeur. En descendant plus bas, la température augmente avec la profondeur.

Le tableau 18 contient les mêmes indications que le tableau 17 pour un sol en jachère travaillée, situé à quelques mètres du sol naturel, nu non travaillé envisagé précédemment.

La comparaison des chiffres de deux tableaux permet les observations suivantes :

A la surface du sol, les températures maxima sont les mêmes à un degré près, en juin et juillet (pendant les jours très longs avec soleil très haut). A partir du début d'août, le maximum est plus bas à la surface du sol en jachère cultivée; différences : 8° en août et septembre, 4° en octobre, 3° en novembre, 1° en décembre, 0° en janvier, 5° en février, 2° en mars, 3° en avril, 6° en mai.

A la profondeur de 1 mètre, les températures maxima sont les mêmes, dans les deux sols, à un degré près.

Les températures minima, soit à la surface, soit à 1 mètre, sont peu différentes d'un sol à l'autre.

Il en résulte que la température moyenne journalière est un peu moins élevée à la surface du sol dans la jachère que dans le terrain non travaillé et qu'elle est identique dans les deux sols à 1 mètre.

La principale différence consiste dans le fait que les écarts entre maximum et minimum journaliers sont très atténués à tous les niveaux (sauf en juin et juillet) surtout dans la couche supérieure. La

TABLEAU 18. — **Température du sol (nu, jachère travaillée) de la surface à 1m de profondeur, pendant l'année agricole 1928-1929, au Service Botanique.**

Moyennes des cinq premiers jours de chaque mois (T. maximum; t. minimum; M. moyenne; D. amplitude de la variation journalière).
Les températures moyennes les plus basses sont en caractère gras.

1928

PROFONDEUR	SEPTEMBRE				OCTOBRE				NOVEMBRE				DÉCEMBRE			
	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.
2 centim.....	43	18	30	25	41	18	30	23	24	10	17	14	15	5	**10**	10
10 »	32	23	29	6	29	22	25	7	19	14	**16**	5	11	8	**10**	3
30 »	27	24	**25**	3	26	24	25	2	20	17	18	3	13	11	12	2
60 »	28	26	27	2	25	23	24	2	20	18	19	2	15	13	14	2
100 »	26	24	**25**	2	24	22	**23**	2	21	19	20	2	17	15	16	2

1929

PROFONDEUR	JANVIER				FÉVRIER				MARS				AVRIL			
	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.
2 centim.....	16	2	9	14	12	2	7	10	20	4	12	16	27	10	18	17
10 »	10	6	8	4	10	6	8	4	12	7	**10**	5	18	10	14	8
30 »	12	9	11	3	10	8	9	2	12	10	11	2	15	12	14	3
60 »	13	11	12	2	11	9	10	2	11	10	**10**	1	15	12	13	3
100 »	14	12	13	2	12	10	11	2	11	11	11	0	14	12	**13**	2

PROFONDEUR	MAI				JUIN				JUILLET				AOUT			
	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.	T.	t.	M.	D.
2 centim.....	34	12	23	22	42	13	28	29	53	17	35	36	47	19	33	28
10 »	25	16	20	9	29	19	24	10	32	25	28	7	32	25	29	7
30 »	20	17	19	3	25	20	23	5	29	25	27	4	29	27	28	2
60 »	18	16	17	2	24	19	21	5	25	23	24	2	27	25	26	2
100 »	17	15	**16**	2	20	16	**18**	4	23	22	**22**	1	25	23	**24**	2

couche à $0^m 30$ dans le sol travaillé ne présente pas de plus grandes oscillations que celle placée à $0^m 60$ dans le sol naturel. La jachère, même superficiellement travaillée, régularise la température du sol; elle l'abaisse de 1 à 2°, ce qui réduit le mouvement de la vapeur d'eau vers la surface. La pulvérisation de la couche superficielle est favorable à la conservation de l'eau du sol, non parce qu'elle interrompt la capillarité, mais parce qu'elle s'oppose à l'échauffement des couches profondes.

12. Formation de nappes d'eau souterraines

Les considérations qui précèdent permettent d'apporter quelques éclaircissements à la théorie de l'origine des nappes d'eau souterraines. Bien que ce sujet soit étranger à la question de fertilité des sols et soit quelque peu déplacé dans un ouvrage sur la Culture du Blé, nous pensons que l'importance de la question de l'eau dans les exploitations agricoles tunisiennes justifie une brève digression sur ce sujet d'ailleurs fort controversé.

a) Infiltration de l'eau liquide. — On a longtemps admis que les couches aquifères que l'on rencontre dans le sol, tout au moins la couche la moins profonde (celle des puits ordinaires), est alimentée par l'infiltration des eaux pluviales. Chacun sait, en Tunisie, que le débit et le niveau des puits baissent lorsque le déficit des précipitations persiste pendant une période suffisamment prolongée et montent à la suite de pluies très abondantes. (Au Service Botanique, un puits dont le niveau d'eau est à 11 mètres, équipé d'une pompe placée à 2 mètres au-dessus de l'eau, a vu ce niveau s'élever d'environ 3 mètres à la suite des pluies anormales des hivers 1927-1928 et 1928-1929; la pompe n'a émergé à nouveau qu'au cours de l'été 1930.)

L'eau s'infiltre-t-elle par toute la surface ou en certains points seulement ? Quand on détermine l'humidité du sous-sol, on constate, dans les régions arides où la couche aquifère est profonde, que cette humidité est constante à partir d'une profondeur de 2 à 3 mètres et il semble que la pluie ne pénètre pas au delà. L'Ingénieur Otto Volger en avait conclu que les eaux souterraines ne proviennent pas de l'infiltration des eaux pluviales. Ces eaux proviendraient de la pénétration des eaux courantes par les fonds et les berges des ravins et des cours d'eaux, l'érosion ayant découvert en ces points des couches sableuses ou graveleuses particulièrement favorables à une infiltration rapide dans le sens vertical et le sens horizontal. Dans les plaines, il existe certainement aussi, dans les faibles dépressions où l'eau tend à s'accumuler et même à séjourner temporairement à la suite de fortes pluies, des points d'infiltration constitués par des cre-

vasses du sol, atteignant un sous-sol perméable sableux ou graveleux. On connaît en France des régions (des plateaux sur roches calcaires fissurées) criblées de ces sortes d'entonnoirs par lesquels disparaissent les eaux de pluies; nous en avons également trouvé dans les environs immédiats du Service Botanique.

L'humidité à peu près constante du sous-sol, à partir d'une certaine profondeur, n'est pas non plus une preuve que l'eau n'y pénètre pas; elle s'y répartit entre une masse de terre tellement considérable qu'elle n'en modifie l'humidité que faiblement, l'accroissement n'excédant pas les erreurs d'expériences que l'on peut faire entre deux sols mis en comparaison, dont l'un sert de témoin, ce qui rend toute vérification expérimentale illusoire dans les sols en place.

L'infiltration est beaucoup plus importante qu'on se le figure généralement. Voici des chiffres obtenus au Service Botanique par notre collaborateur M. Yankovitch, pour des bacs métalliques de 1 mètre de profondeur, remplis de terre depuis huit ans, ce qui a permis à cette terre de prendre un degré naturel de tassement :

	1928-29	1929-30
La 1re infiltration est enregistrée après...	90 m/m de pluie	150 m/m de pluie
Pluie tombée du 12 décembre au 17 avril.	296 »	
id. du 12 décembre au 28 avril.		238 »
Pluie ayant traversé 1 mètre de sol.....	251 »	147 »

Une proportion importante de la pluie descend donc à plus de 1 mètre de profondeur; il n'y a aucune raison pour qu'elle ne s'infiltre pas beaucoup plus profondément.

b) Condensation de la vapeur d'eau. — Le déplacement de l'eau peut également avoir lieu à l'état de vapeur. Il existe dans le sous-sol une couche à température constante plus basse que celle des couches superficielles, au moins à un certain moment de l'année. La vapeur d'eau y est attirée, s'y condense, donne de l'eau de gravitation qui descend jusqu'à ce qu'elle rencontre une couche imperméable au-dessus de laquelle elle s'accumule.

Il n'est pas douteux que les travaux de culture, en réduisant le ruissellement et l'évaporation, en facilitant la pénétration de l'eau et sa conservation, jouent un rôle important dans l'alimentation des couches aquifères.

Les différentes théories émises pour expliquer la formation des eaux souterraines ne s'excluent pas l'une l'autre; ces eaux ont sans

doute pour origine des infiltrations localisées en des points particulièrement favorables (crevasses, ravins, lits d'oueds), des infiltrations généralisées des eaux pluviales à travers des couches d'assez grande épaisseur, le mouvement de la vapeur d'eau souterraine, sa condensation dans les couches froides, d'où l'eau reprend son mouvement de descente à l'état liquide.

V. PHÉNOLOGIE ET ÉCOLOGIE DU BLÉ

A. Les problèmes phénologique et écologique :

1. Productivité et rendement. — 2. Rythme climatique et rythme de développement. — 3. Facteurs écologiques. Leur mesure.

B. Action des facteurs écologiques sur le Blé :

1. Variabilité morphologique. — 2. Variabilité physiologique et chimique. — 3. Variabilité de la résistance aux parasites. — 4. Variabilité du rendement quantitatif. — 5. Variabilité du rendement qualitatif.

Le rendement d'une variété de Blé, comme celui d'ailleurs de toute plante cultivée, dépend de deux ordres de facteurs :

1° La *productivité* de la variété, c'est-à-dire son aptitude à donner du grain (en Tunisie, la paille peut être négligée);

2° Les *réactions de la variété sous l'influence du milieu physico-chimique*, dont beaucoup d'éléments présentent des variations au cours de la période de végétation, et sa résistance aux ennemis animés (rouille, carie, piétin, etc...).

La productivité de la plante est une disposition qui lui est propre, variable d'une variété à l'autre, pouvant être portée à une très haute valeur par la méthode des croisements. Il appartient aux Etablissements d'amélioration des plantes cultivées de la développer de plus en plus.

Elle ne constitue jamais qu'une *possibilité;* pour la transformer en *réalité*, il faut que le milieu permette à la plante de produire au maximum. L'étude de l'adaptation du rythme de développement de la plante au rythme climatique, ou *Phénologie agricole*, celle des réactions de la plante au milieu physico-chimique, ou *Ecologie agricole*, sont les compléments indispensables du choix ou de la création de variétés productives objet de la *Génétique agricole*.

La Phénologie et l'Ecologie nécessitent des essais dans les diverses régions naturelles du pays, pendant un nombre d'années suffisant pour que les facteurs du milieu puissent manifester les variations

auxquelles ils sont sujets dans la nature, car, en raison de la variabilité du milieu suivant les années, le comportement de la plante ne peut être basé que sur des séries d'observations.

Nous possédons encore trop peu de documents sur la phénologie et l'écologie du Blé en Tunisie pour tenter un exposé d'ensemble de cet important chapitre. Nous nous bornerons à envisager les principes directeurs des études à poursuivre et à donner les résultats fragmentaires des travaux actuellement amorcés.

A. LES PROBLEMES PHENOLOGIQUE ET ECOLOGIQUE

1. Productivité et rendement

Ces deux termes pouvaient être autrefois confondus, quand chaque région cultivait uniquement un petit nombre de variétés locales. Il n'en est plus de même quand on acclimate des variétés étrangères et qu'on essaie des variétés nouvelles issues de croisement.

La productivité est l'aptitude de la variété de Blé à donner du grain en utilisant les conditions de fertilité du sol et en général les conditions favorables du milieu ambiant. Pour chacune de ces conditions de milieu (température, pluie, fertilité du sol, etc...), la productivité d'une variété déterminée présente des variations qui la font passer par un maximum, au delà duquel aucune augmentation de quantité ou de qualité ne se manifeste plus et peut même faire place à une diminution. Le résultat économique d'une culture dépend, en grande partie, de l'utilisation au maximum, par la plante, des circonstances favorables au rendement; toutes les variétés de Blé ne présentent pas au même degré cette faculté d'utilisation, parce qu'il intervient des facteurs limitants propres à la variété : développement insuffisant des épis, verse, etc..., influant sur la quantité de produit. De deux variétés différentes, se comportant de façon identique jusqu'à l'obtention d'un certain *rendement quantitatif*, une seule d'entre elles peut être susceptible de le dépasser dans des conditions de milieu encore meilleures.

La considération du *rendement qualitatif* est actuellement envisagée avec beaucoup d'attention par les industriels qui emploient le Blé, et les producteurs ne peuvent plus s'en désintéresser. Nous en ferons l'objet d'une étude spéciale au chapitre « Valeur industrielle du Blé » (2e vol.); il est toutefois utile de dire, dès maintenant, que l'amélioration de la productivité, au point de vue quantitatif, n'a pas toujours été corrélative d'une amélioration qualitative et que certains Blés à hauts rendements demandent, pour donner une bonne panification, à être additionnés d'une proportion variable de « Blé de

force » à haute valeur boulangère. Les résultats que nous avons obtenus en Tunisie montrent toutefois que rendement quantitatif et rendement qualitatif ne s'excluent pas l'un l'autre et peuvent être associés dans certaines variétés.

Le perfectionnement des Blés, au point de vue de leur valeur boulangère, doit, comme l'amélioration du rendement, tenir compte des aptitudes particulières de chaque variété et des modifications de ces qualités sous l'influence du milieu.

Le rendement, tant quantitatif que qualitatif, résulte toujours de deux facteurs : productivité et résistance aux adversités ambiantes.

Enfin, un troisième point de vue serait encore à envisager, celui de la *faculté germinative* des semences. Une variété, cultivée dans un milieu différent de son milieu originel, peut former les embryons de ses graines dans des conditions défavorables qui en diminuent la vitalité. Les conséquences de cet affaiblissement peuvent être une diminution de la faculté germinative et une dégénérescence progressive de la variété, par perte plus ou moins rapide de ses qualités végétatives ou industrielles. Nous n'aurons pas à en parler, toutes les variétés cultivées au Service Botanique ayant montré une aptitude normale à la germination.

2. Rythme climatique et rythme de développement (Phénologie)

Les phénomènes météorologiques présentent des variations périodiques qui déterminent les saisons et des variations accidentelles qui se traduisent par des anomalies ou plutôt par des fluctuations, d'amplitude plus ou moins grande, autour de la moyenne qui caractérise une saison dite normale.

Les principaux facteurs climatiques qui subissent des variations périodiques suivant un rythme annuel sont : la luminosité et la température, conséquences du rayonnement solaire, qui varie à la fois en intensité et en durée (photopériodicité), les pluies, l'humidité de l'air et du sol.

Le Blé, comme d'ailleurs toutes les plantes, parcourt, pendant son développement, un cycle représenté par une phase végétative (germination, tallage, montée, épiaison) et une phase de reproduction (floraison, fécondation, maturation), dont nous avons donné les détails au chapitre 3.

Cette succession rythmique des phénomènes de la vie des plantes est-elle l'expression obligatoire d'un comportement héréditaire, ou bien chaque phase du développement est-elle déterminée par des causes extérieures qu'il faut rechercher dans la périodicité des facteurs climatiques ?

Les travaux de nombreux auteurs, parmi lesquels nous citerons seulement Drude (1890, 1913) et Klebs (1903), ont montré que chaque phase de développement est déterminée par des causes internes (la floraison par exemple est provoquée par une certaine concentration des réserves), mais que ces états particuliers et leur succession sont sous la dépendance des conditions climatiques. Il est d'ailleurs impossible d'étudier séparément les deux constituants du complexe organisme-milieu, la vie du premier n'étant que l'ensemble des échanges de matière et d'énergie qu'il entretient avec le second.

La phénologie est précisément l'étude des relations qui existent entre le rythme de développement de la plante et le rythme climatique.

Au point de vue agricole, cette étude a pris une grande importance depuis que l'on importe dans les divers pays des variétés provenant de contrées parfois lointaines, à climat plus ou moins différent de celui sous lequel on les transporte, et depuis que l'on crée, par hybridation, des formes végétales nouvelles dont on ignore les exigences.

On pouvait supposer, en effet, que les races locales, de Blé par exemple, résultant d'une longue sélection naturelle, complétée parfois par une sélection agricole artificielle, représentaient les formes les mieux adaptées au climat, et la même hypothèse s'étendait d'ailleurs aux plantes spontanées.

Partant de cette idée *a priori*, on a cherché à déterminer les limites des aires de végétation suivant des isothermes ou des isohyètes, sans grand succès d'ailleurs, car l'aire de végétation d'une plante ne dépend pas d'un ou deux facteurs climatiques, mais de tous les facteurs et de leurs relations réciproques; elle dépend aussi de l'histoire antérieure de la plante, car rien ne prouve que cette dernière a atteint les limites possibles de son extension géographique, surtout quand il s'agit de plantes cultivées, pour la plupart non autochtones et dont la production tient compte de facteurs économiques.

La température a d'abord été considérée comme le facteur climatique déterminant et l'on chercha à caractériser chaque phase de végétation par la somme des températures depuis le début jusqu'à la fin de cette phase. Ces « constantes thermiques », quelle que fût la durée de la période à laquelle on les appliquait, faisaient négliger des facteurs climatiques très importants; leur valeur fut réfutée surtout par Engler et par Solms-Laubach (1905).

Les pluies jouent un rôle de première importance et il importe d'en combiner l'effet avec celui de la température. Scharfetter (1922), en établissant les courbes hydro-thermiques de Raunkiaer (1910), montra que, suivant les régions, les isothermes et les isohyètes ont une marche parallèle ou inverse et qu'il en résulte, pour les plantes

cultivées, la possibilité d'utiliser, pour leur croissance, des périodes ininterrompues (Blé de printemps) ou séparées par des temps de repos (Blés d'hiver).

En Tunisie, la période de repos n'existe pas dans le Sud et le Centre; elle est peu marquée dans la région qui va du Cap-Bon et de Bizerte à Téboursouk et à Souk-el-Arba; elle est marquée à Béja, très marquée dans les hautes plaines de Maktar et du Kef et dans la zone côtière du Nord.

Si l'humidité du sol, qui dépend surtout des précipitations, peut être négligée, il n'en est certainement pas de même de l'humidité de l'air, qui conditionne la transpiration et agit puissamment sur l'état de concentration des réserves.

La radiation solaire qui parvient au sol et aux plantes y produit des effets physiques dont le principal est la température du sol et de l'air et des effets chimiques (photosynthèse, photomorphose) liés à sa composition. La latitude règle la durée de l'insolation (photopériodicité); l'altitude, le voisinage de la mer ou des déserts influent sur la quantité ou les proportions respectives des radiations des diverses longueurs d'onde, par suite de la présence de vapeur d'eau et de poussières qui modifient le coefficient de transmission de l'atmosphère et de l'abondance variable des nuages qui changent les proportions de lumière directe et de lumière diffusée.

Nous nous sommes attaché à la mesure du rayonnement solaire et de ses variations quantitatives et qualitatives en Tunisie (Amiable, 1927-28; Bœuf, 1925-27-28; Gorczynski, 1928; Montlaur, 1931). Les documents enregistrés permettent d'envisager, pour l'avenir, la radiation solaire comme facteur écologique et d'en déterminer le rôle. Ivanoff (1928) a d'ailleurs exposé les principaux aspects de ce problème, relativement peu étudié jusqu'ici.

Au point de vue du rythme de leur développement, les variétés de Blés diffèrent les unes des autres par des particularités qui tiennent peut-être à leur adaptation à des climats différents et sans doute aussi à leur constitution propre.

La durée de la période végétative jusqu'à l'épiage, celle de la période de reproduction qui va de l'épiage à la maturité, le rapport de ces deux durées, la vitesse de formation des organes végétatifs sont variables d'une variété à l'autre. C'est ainsi que les Blés tendres tardifs Mahon et Baroota ont un développement accéléré dans la première phase de leur croissance, ce qui leur permet de couvrir rapidement le sol, qu'ils protègent à la fois contre l'insolation et contre le rayonnement, tandis que la Richelle 110, demi-précoce, se développe très peu jusqu'au tallage et laisse le sol à découvert; elle n'a jamais tendance à monter et à épier avant la fin de mars, quelle que

soit la date de ses semailles, tandis que le Florence, l'Irakié et beaucoup de leurs hybrides montent et épient dès janvier, sans taller, s'ils sont semés de bonne heure et si décembre est doux et sec; leur période de maturation est proportionnellement plus longue que celle du développement végétatif.

Il convient donc d'étudier le rythme particulier de croissance de chaque race pure de Blé, afin de placer cette race dans la région où elle trouvera un rythme climatique conforme à ses exigences.

Pour déterminer ces dernières, nous envisageons le programme suivant d'observations, à peine amorcé jusqu'à présent pour ce qui concerne la Tunisie :

1° Pour chaque variété pure (lignée), noter les dates de levée, d'épiaison, de maturation, ce qui permettra de déterminer des points et des courbes *isophanes* pour ces trois phases essentielles du développement;

2° Sur chacune de ces isophanes, mesurer, pendant plusieurs années, les facteurs climatiques qui influent sur le développement (radiation, température, pluie, humidité de l'air, vent, etc...); déterminer les conditions climatiques les plus favorables, ou normes météorologiques correspondant au rendement maximum, et les moins favorables par excès ou par insuffisance.

Nous pensons arriver ainsi, pour chaque variété, à la connaissance du climat qui lui convient le mieux et des limites de variation des facteurs climatiques, compatibles avec une exploitation économique de la variété. La comparaison de ces exigences avec les cartes météorologiques permettra de tracer la carte des régions où la culture de la variété peut être recommandée. C'est d'ailleurs la méthode préconisée par Azzi (1927), mais nous pensons que le travail doit être fait pour chaque variété et non pour le Blé en général; il ne faut pas envisager le climat du Blé, mais le climat de chaque Blé; c'est d'ailleurs l'avis de Werneck-Willingrin (1924) de prendre la variété pour unité de travail en phénologie agricole, et non l'espèce, comme on le fait en Botanique.

3. **Facteurs écologiques. Leur mesure**

Une plante, transportée d'un climat dans un autre qui en diffère, présente des modifications qui constituent son adaptation aux nouvelles conditions d'existence. Même sans changer de lieu, elle subit des conditions météorologiques variables d'une année à l'autre et elle réagit plus ou moins à chaque écart d'un facteur climatique par rapport à sa valeur moyenne. Toutefois, cette réaction est limitée par

l'hérédité et on pourrait définir l'écologie : étude des rapports réciproques entre le milieu et l'hérédité (Vavilov, 1927).

Les facteurs écologiques dont il y a lieu de tenir compte, dans la comparaison de deux stations, peuvent être classés comme suit :

a) Facteurs constants (pour un point donné) : situation géographique, particulièrement latitude, distance de la mer, ou mieux degré de continentalisme hydrothermique (Gorczynski, 1925; Rychlinski, 1925), situation topographique comprenant l'altitude, l'exposition, l'influence du relief de la région avoisinante;

b) Facteurs peu variables, dont la périodicité est presque régulière : température moyenne, amplitude des écarts entre la moyenne des maxima et celle des minima, temps d'insolation et quantité de chaleur (en calories) parvenues au sol;

c) Facteurs très variables : pluie (quantité et répartition); humidité de l'air et du sol; températures extrêmes de l'air et du sol; vents; date des semailles.

Pour aborder l'étude de l'influence de ces facteurs climatiques, il est nécessaire de supprimer l'action des autres facteurs du rendement, constituant la fertilité des sols; les champs d'expérience doivent donc être installés sur des terres naturellement bien constituées, fertiles, recevant une bonne préparation avant les semailles.

Les normes météorologiques des variétés de Blé étant très variables d'une variété à l'autre, il faut placer dans chaque station un assez grand nombre de variétés, présentant tous les degrés de précocité, de manière à chercher le meilleur ajustement des périodes critiques, particulièrement de l'épiage et de la maturation, avec les particularités climatiques de la région.

En Tunisie, deux facteurs du milieu jouent un rôle prépondérant dans la végétation du Blé : l'eau et la chaleur.

L'insuffisance et l'excès de l'humidité et de la température constituent les principales adversités qui viennent limiter le rendement. Leurs actions, souvent combinées, sont d'ailleurs complexes parce qu'elles peuvent être défavorables au Blé, soit directement, soit par l'intermédiaire de parasites comme les Rouilles, les Piétins, etc... Les variations brusques de ces facteurs sont d'ailleurs plus préjudiciables au Blé que des variations lentes, même de plus grande amplitude. C'est ainsi qu'un jour de siroco fait plus de mal que huit jours de sécheresse; qu'une gelée de quelques heures cause des dégâts, alors que l'abaissement prolongé de la température reste sans grand inconvénient, s'il n'atteint pas le zéro; qu'une pluie battante de quelques minutes couche un Blé qui aurait résisté à des précipitations plus abondantes, mais non torrentielles; que de faibles averses à l'époque

de la maturation favorisent l'échaudage et le développement de la rouille, etc...

Au point de vue écologique, les moyennes météorologiques n'ont qu'une importance secondaire, presque théorique; on peut étudier en quelque sorte leur concordance avec les besoins normaux du Blé aux différentes périodes de son développement; ce qui compte surtout comme facteurs limitants, ce sont, non seulement les écarts annuels avec les moyennes, mais encore les phénomènes accidentels, fussent-ils très courts, qui compromettent la vie de la plante, ou agissent brutalement sur les facteurs du rendement.

L'étude, exposée précédemment, des périodes critiques de la végétation du Blé montre que la susceptibilité de la plante aux adversités climatériques s'exagère à certains moments qui correspondent à des formations rapides d'organes nouveaux ou à leur développement accéléré.

Le Service Botanique, grâce au concours financier de l'Office de l'Expérimentation agricole de Tunisie, et en liaison avec le Service Météorologique de la Régence, qui a fourni une partie du matériel, a pu, en 1931, doter les champs d'essais de variétés de céréales d'une petite station météorologique comprenant :

un pluviomètre,
un thermomètre à maxima et un thermomètre à minima, placés dans la culture, à 20^{cm} du sol,
deux thermomètres dans le sol, à 25 et 50^{cm},
un hygromètre à cadran,
un anémomètre donnant la vitesse du vent.

Un actinomètre totaliseur de Bellani, mesurant la radiation totale, sera mis en service dans les stations, en 1932, après étalonnage en calories d'après la méthode Montlaur (1931).

Les facteurs constants, ou peu variables en chaque point, permettent d'établir une comparaison entre des stations présentant des situations différentes (Béja, Le Kef, Kairouan, par exemple).

Les facteurs variables au cours des saisons et d'une année à l'autre doivent faire l'objet de mesures suivies, mises en parallèle avec les phénomènes de végétation et le rendement final. Cette étude rend compte du comportement des variétés par rapport aux variations de ces facteurs dans le temps ou par rapport aux différences que présentent des stations appartenant à la même région naturelle (Medjez-el-Bab et Souk-el-Khemis, par exemple).

Ainsi se trouvera constitué, en Tunisie, un premier réseau d'une vingtaine de postes, indispensables pour l'étude écologique des variétés de plantes cultivées, étude aussi importante, nous ne saurions trop le répéter, que la création de variétés améliorées.

Il suffit de constater que nous ne savons rien de précis sur les facteurs climatiques qui conditionnent le développement du Blé, sur ceux favorisant la rouille ou le piétin, déterminant l'échaudage ou le mitadinage, pour se rendre compte de l'utilité d'entreprendre méthodiquement des études écologiques. La collaboration des agriculteurs, indispensable pour les mener à bien, ne nous fera certainement pas défaut, puisqu'elle est acquise pour le fonctionnement des champs d'essais de variétés.

B. ACTION DES FACTEURS ECOLOGIQUES SUR LE BLE

L'action des facteurs écologiques peut se manifester par une variation des caractères morphologiques, généralement sans grande importance au point de vue du rendement, par des modifications des caractères physiologiques affectant le développement de la plante et les caractères chimiques qui conditionnent le rendement qualitatif, par une aggravation ou une atténuation de la sensibilité aux maladies cryptogamiques.

Ces effets ne peuvent présenter leur maximum d'amplitude que si l'on cultive les mêmes variétés dans des conditions climatiques très différentes, ce qui nécessite des essais géographiques embrassant d'immenses territoires. Cette expérimentation permet alors d'établir les lois de variabilité des caractères sous l'influence des facteurs écologiques.

Vavilov (1927) a publié les premiers résultats d'essais géographiques portant sur la plupart des espèces cultivées et embrassant tout l'U. R. S. S. Azzi (1931) et ses collaborateurs ont fait connaître les résultats d'une première série d'essais géographiques organisés en 1929 avec des Blés de printemps, sous les auspices de l'Institut international d'Agriculture de Rome et auxquels le Service Botanique de Tunisie a participé. Une autre série d'essais du même genre, portant sur des Blés d'hiver, a été réalisée en 1931 et une troisième série, analogue à la deuxième, est actuellement en cours.

Nous donnons ci-dessous le résumé des conclusions des essais russes, pour ce qui concerne les Blés, et des essais internationaux.

1. Variabilité morphologique

Les caractères morphologiques, parmi lesquels se trouvent ceux qui sont employés à établir la diagnose des variétés, et que l'on considère comme constants, n'ont guère été soumis à une vérification expérimentale de leur transmission héréditaire. Ph. de Vilmorin a montré, au IV[e] Congrès international de Génétique (Paris, 1911), que les caractères de forme de l'épi sont restés constants dans la collec-

tion de la Maison Vilmorin depuis plus d'un demi-siècle, mais cette constatation s'applique à des céréales cultivées dans des conditions peu différentes de climat.

Les essais géographiques poursuivis en U. R. S. S. sur des lignées pures ont permis de constater que les caractères barbes, pubescence des glumes, des feuilles, des nœuds, localisation des poils, dimensions des fruits, forme et dimension des glumes et, dans une certaine mesure, coloration des glumes, restent pratiquement constants sous toutes les latitudes et à toutes les altitudes. Vavilov ajoute, toutefois : « ...Il est probable que ces caractères varient par eux-mêmes...; les poils sur les glumes du Blé sont plus fréquents au Nord extrême que dans les conditions ordinaires des latitudes méridionales. » Il donne pour la variabilité de longueur de la glume et de la dent qui la termine les chiffres suivants, obtenus par K. A. Verchovskaya :

		Variabilité %
Longueur de la glume (Blé dur 6,5 à 8 %) ensemble des Blés..		3,8 — 8
Dent de la glume (forme constante), longueur.....		12 — 29
Ce dernier caractère se comportant comme suit :		
Dent de long. à peu près constante dans tout l'épi :	A. dent de moins de 1mm.	14 — 17
	B. dent de 1 à 3mm	12 — 19
Dent de long. variable dans l'épi :	C. dent de moins de 10mm	18 — 25
	D. dent de 10 à 20mm.....	20 — 30
	E. dent de plus de 20mm..	plus de 20

D'après le même auteur, la variabilité de la densité des épis de Blé ne dépasserait pas 17 %.

Tous ces caractères concernent l'inflorescence et ses parties dont la vie est courte et dont le développement rapide subit peu l'influence du milieu ambiant. Il semble que les organes purement végétatifs, comme les feuilles, soient davantage soumis à cette influence.

Dans les essais géographiques centralisés par Azzi, le Professeur W. Heuser (1931) donne, pour certains caractères des feuilles, des chiffres dont nous extrayons les suivants :

VARIÉTÉ et origine	STATIONS	FEUILLES		FAISCEAUX VASCULAIRES		STOMATES	
		Longueur cm.	Surface cm²	Nombre	Densité	Nombre par mm²	Longueur cm.
Dala (Suisse moyenne)	Svalöf (Suède)....	29.7	27 84	37.2	33.6	41.1	67.0
	Imola (Italie).....	29.3	26.37	»	»	»	»
	Bengasi (Cyrenaïque)	11.2	8.65	43.0	23.9	91.9	39.7
Marzatico (Italie centrale)	Svalöf.....	25	23.63	37.0	34.1	40.1	67.6
	Imola.....	23	23.63	42.2	32.5	40.3	63.6
	Bengazi.....	9.6	6.91	42.1	22.6	87.5	86.9
Janetzki (Allemagne)	Svalöf.....	29.7	33.86	38.8	39.2	38.8	67.1
	Imola.....	26.3	28.21	46.5	30.7	47.7	62.6
	Bengazi.....	15.3	14.61	50.6	25.3	80.8	52.9

En allant du Nord au Sud, la longueur et la surface des feuilles se réduit beaucoup, le nombre des faisceaux vasculaires augmente sensiblement et leur densité (nombre par centimètre le long d'une ligne perpendiculaire à leur direction) diminue; le nombre des stomates à l'unité de surface s'accroît plus que du simple au double et leur longueur diminue.

Ces résultats concordants résultent sans doute des modifications apportées par le milieu au phénomène de la transpiration, fortement accru dans la station africaine. Ils se rapportent toutefois uniquement à des variétés européennes. Il serait nécessaire de faire une contre-épreuve en transportant des variétés africaines dans des régions septentrionales; la deuxième série d'essais géographiques, actuellement en cours, comprend une variété d'origine australienne, bien acclimatée en Tunisie.

Au point de vue de la pluviosité, la Tunisie présente, comme nous l'avons vu au chapitre IV, des différences considérables entre ses régions côtières Nord, où il tombe plus d'un mètre de pluie par an, et les régions pré-désertiques du Sud, où les précipitations n'atteignent pas toujours 200^{mm}. Nous espérons pouvoir suivre la variation d'un certain nombre de caractères morphologiques chez les variétés cultivées dans les champs d'expériences régionaux, à partir de la récolte 1932. Il sera surtout indiqué d'étudier la variabilité des caractères dont les modifications peuvent constituer une adaptation au milieu sec.

D'après Vavilov, *la hauteur des plants* de Blé, comme d'ailleurs des autres plantes cultivées, décroît en allant du Nord vers le Sud, parallèlement à la diminution de la quantité moyenne des précipitations.

Les limites de variabilité observées sont de 17 à 25 % pour le Blé d'hiver, 22 à 33 % pour le Blé de printemps, 32 à 46 % pour les légumineuses cultivées. La taille du Blé augmente dans les montagnes.

Nos observations personnelles nous obligent à faire quelques réserves quant à la généralisation de ces observations concernant la hauteur du Blé.

Certaines variétés de Blé dur de Tunisie (Médéa, Jenah-Khetifah, Sbéi 292, Biskri) atteignent une taille voisine de 2 mètres dans des régions de la Régence recevant 400^{mm} de pluie, lorsque la fertilité et l'humidité du sol sont assurées par des façons culturales judicieuses et répétées; il semble probable que cette haute taille ne s'accroîtrait pas dans des stations plus septentrionales, moins favorables au développement de ces variétés.

Des différences très nettes de réaction suivant les variétés ont été observées, en 1931, dans nos champs d'expériences régionaux : des

hybrides Irakié × Ardito, presque nains au Service Botanique, n'ont pas accru leur taille à Souk-el-Khemis, dans des conditions bien meilleures de fertilité, à côté de Sbéi 292 ayant près de 2 mètres, alors qu'au Kef, à environ 700 mètres d'altitude, ils avaient augmenté leur hauteur d'environ 1/3. Cette réaction, conforme aux résultats des essais russes, ne se remarquait pas sur la plupart des autres variétés du même champ d'expériences.

Draghetti (1927) a essayé d'établir une relation entre les caractères morphologiques et les besoins en eau du Blé. De telles observations méritent d'être généralisées dans les divers pays de culture; elles pourraient renseigner sur la valeur physiologique des caractères morphologiques et permettraient sans doute de définir des groupes géographiques à considérer au double point de vue systématique et génétique.

2. Variabilité physiologique et chimique

On peut ranger dans cette catégorie la *coloration des épis* due au développement d'un pigment rouge et d'un pigment noir.

Des essais russes, Vavilov et Maslova (1927) tirent la conclusion que le pigment rouge s'accentue en allant vers le Nord, que le pigment noir présente son maximum dans le S.-E. de l'U. R. S. S. et pâlit en allant vers le Nord.

Une constatation analogue a été faite, pour la pigmentation rouge brun, par Bricolli (1931[a]) dans les essais géographiques internationaux, le développement de cette pigmentation étant corrélatif, suivant cet auteur, de l'humidité relative de l'air.

Nous avons reconnu également que certains de nos Blés durs à glume jaune clair deviennent plus ou moins roux sous le climat de Paris.

La pigmentation noire, bien que s'accentuant du Nord au Sud, demande pour se manifester une maturation normale subordonnée à une humidité suffisante du sol; tout raccourcissement de la période de maturation, sous l'influence de la sécheresse ou de l'échaudage, diminue le noircissement des glumes et blanchit parfois complètement les barbes normalement noires.

L'un des principaux caractères physiologiques, intéressant au plus haut degré l'agriculture nord-africaine, est *la durée de la période de végétation.*

Les importants essais géographiques russes, interprétés par Vavilov avec, sur ce point spécial, la collaboration de E. S. Kousnetzova, ont établi que la variabilité de la période végétative suivant la latitude et l'altitude est plus complexe que ne l'avaient envisagé les

auteurs précédents et en particulier SCHUBELER et qu'il est nécessaire de diviser la période de développement du Blé en deux phases : la phase végétative, de la germination à l'épiaison, et la phase de reproduction, de l'épiaison à la maturité.

Au point de vue de la *phase végétative*, le Blé appartient au groupe des plantes qui raccourcissent la durée de cette période quand on les transporte du Sud au Nord, c'est-à-dire quand la durée du jour s'allonge; c'est le groupe des plantes à jour long (1). L'expérience ayant porté sur 43 variétés appartenant à 5 espèces linnéennes de Blé, il semblerait que la conclusion pût être considérée comme s'appliquant à tous les Blés.

Nous avons observé également que les Blés précoces du Canada ou de Suède, semés dans le Nord de l'Afrique, y allongent beaucoup leur phase végétative et épient en même temps que nos variétés peu précoces. Les variétés très précoces acclimatées dans le Nord de l'Afrique et semées, en France, comme Blés d'hiver y allongent leur phase végétative en raison du temps d'arrêt imposé par le froid; ils se comportent autrement s'ils sont semés au printemps.

VAVILOV fait d'ailleurs ressortir l'énorme influence de l'époque des semailles. Il remarque aussi qu'*Avena byzantina* Koch., espèce méditerranéenne, réduit moins sa période végétative, en allant vers le Nord, que les races européennes d'Avoine.

Il existe dans le Nord de l'Afrique, et sans doute dans d'autres régions de plus faible latitude, des races de Blé très précoces; comment expliquer leur existence, si l'émigration des Blés vers le Sud augmentait toujours la durée de la phase végétative ? Il serait utile d'essayer leur comportement dans des stations plus septentrionales; cette contre-épreuve nous paraît utile pour permettre une généralisation des observations russes.

VAVILOV admet d'ailleurs que « le facteur température a le pouvoir d'atténuer jusqu'à un certain point l'effet de la lumière du jour ». Ce facteur ne deviendrait-il pas prépondérant pour certaines races de Blé acclimatées dans les régions chaudes ?

Le même auteur écrit encore : « La comparaison des conditions climatiques dans une série d'années démontre une connexion définie entre la longueur de la période végétative et les variations de la température. La plus longue période végétative correspond au plus froid commencement de l'été. »

---

(1) Ce groupe comprend aussi l'avoine, le seigle, l'orge, le pois, la lentille, la vesce, le lin, les crucifères, le pavot. Le groupe des plantes à jour court, dont la période végétative se raccourcit en allant vers le Sud, comprend parmi les plantes cultivées : la fève, le soja, le maïs, le sorgo, le ricin, le sésame, le cotonnier (VAVILOV).

Scharfetter (1923) fait une remarque semblable : « Si, dans les montagnes de l'Europe centrale, le commencement du printemps retarde de trente jours, la moisson retarde environ du double et passe de juillet, époque à laquelle elle est généralement sûre, à septembre, ou bien, si d'autres causes de retard surviennent, même à octobre, mois où le froid et l'humidité empêchent la maturation. »

Nous avons fait une constatation analogue bien que se rapportant au raccourcissement de la période végétative. Lorsque des Blés très précoces, comme le Florence, l'Irakié et un certain nombre de leurs hybrides, sont semés fin octobre début de novembre, si le temps est chaud pendant novembre et décembre, ils épient au début de janvier, tandis qu'avec un temps froid et un retard de semailles de quinze jours ils épient seulement en mars.

Ces observations montrent qu'outre l'effet de la longueur du jour, il existe une influence considérable de la température, surtout au début de la végétation du Blé, sur la durée de la période végétative de *certaines variétés;* d'autres se révèlent très peu sensibles à ces influences.

La note publiée par M. Briccoli (1931[b]) sur les phénomènes de photopériodicité dans les essais internationaux de Blé confirme les résultats russes et nous fournit des raisons de plus de croire que le facteur température peut devenir, pour certaines variétés méridionales précoces, suffisamment actif pour contrebalancer l'influence de la longueur du jour.

Nous reproduisons ci-dessous les chiffres concernant deux stations extrêmes : Oslo et Ariana (Service Botanique de Tunisie).

Période végétative : A = nombre de jours; B = durée moyenne du jour (heures).

VARIÉTÉS DE BLÉ noms et origine	OSLO (NORVÈGE) 59°		ARIANA (TUNISIE) 36° 49'		Raccourcissement de la période végétative entre Ariana et Oslo.
	A	B	A	B	
Timilia (Sicile)	49	18.7	80	12.5	31
Marzatico (Italie centrale)	51	18.6	82	12.5	31
Wagenburg (Suisse)	51	18.7	86	12.6	35
Gelchsheimer (Allemagne)	57	18.3	89	12.6	32
Janetzki (Allemagne)	51	18	86	12.5	35
Halland (Suède méridionale)	51	18.7	85	12.5	34
Dala (Suède moyenne)	49	18.7	85	12.1	36
Borsôm (Norvège)	49	18.6	85	12.1	36

Tous les Blés ont une période végétative beaucoup plus courte en

Norvège qu'en Tunisie. Il n'en est pas moins vrai que la différence la plus grande est marquée par les Blés septentrionaux et la moins grande par les Blés méridionaux, ce qui semble indiquer que les températures plus basses offertes à ces derniers, en allant vers le Nord, agissent en sens inverse de la longueur du jour.

Lors de notre participation à ces essais, nous avons semé, à côté des Blés ci-dessus, dans des conditions identiques, le Blé précoce Florence (lignée 135) acclimaté en Tunisie et dont la période végétative a été de 65 jours. S'il avait été compris dans les essais géographiques, sa période végétative à Oslo eût été probablement de 49 jours comme le Timilia de Sicile et les Blés scandinaves, en adoptant pour lui la plus courte durée constatée aux essais. La réduction de cette période n'eût donc été que de 16 jours. Rien ne dit, d'ailleurs, que le manque de chaleur n'aurait pas prolongé la période de végétation de ce Blé dans les régions septentrionales. Il ne réalise pas non plus la limite de précocité à Tunis. Il serait donc utile d'incorporer dans les essais géographiques des Blés méridionaux de grande précocité.

Si, dans le tableau donné par Briccoli, on compare les écarts entre la plus longue et la plus courte durée de la période végétative pour les diverses stations, on trouve :

Stations :	Oslo 59°	Svalof 55°	Landsberg 52° 44'	Pétrouse 42° 7'	Ariana 36° 49'
Ecarts :	8 jours	5 jours	2 jours	7 jours	9 jours

Les Blés ont donc épié presque à la même date à Landsberg; les dates d'épiage se sont espacées en allant vers le Nord et en allant vers le Sud, autre preuve d'un comportement variable suivant les variétés et leur origine.

Dans ses grandes lignes, la règle du raccourcissement de la période végétative du Blé, plante à jour long, en allant du Sud vers le Nord, telle qu'elle résulte des travaux de Garner et Allard (1920), a reçu dans les essais géographiques russes et dans les essais internationaux une brillante confirmation.

La conclusion à en tirer, pour le Nord de l'Afrique, c'est qu'il ne convient pas, pour acclimater des variétés précoces de Blé, de les importer des pays septentrionaux, mais de les rechercher dans des régions encore plus méridionales, à jour plus court.

La quantité de précipitations ne jouerait, d'après Vavilov, qu'un rôle médiocre dans la détermination de la durée de la période végétative; il faut que l'absence de pluie soit accompagnée d'une haute température (association d'ailleurs fréquente) pour écourter anormalement cette période.

L'étude de la *période de reproduction*, de l'épiage à la maturité, rencontre des difficultés du fait qu'il est difficile de saisir exactement

le moment de la maturité et du grand rôle que jouent la température et les pluies pour accélérer ou retarder la maturation. L'action de la lumière et de la durée du jour sur cette phase de la végétation est plus difficile à établir; d'après Vavilov, « on observe sa réduction régulière, aussi bien dans les plantes du « jour long » que dans celles du « jour court » dans la direction du Nord au Sud. La longueur de cette phase est directement proportionnelle à la quantité des précipitations et contrairement proportionnelle à la température ».

Nous ajouterons que, sous notre climat, la maturation est souvent brusquée et remplacée par un échaudage plus ou moins intense, en raison du vent chaud qui souffle du Sud (siroco), ce qui nous a conduit à ne considérer, dans l'appréciation de la précocité des Blés, que la durée de la phase végétative, de la levée à l'épiage, beaucoup moins sujette à des variations anormales sous l'influence des conditions climatiques annuelles.

L'incertitude qui existe dans la fixation de la date de la maturité normale fait que les résultats que l'on obtient dans les essais géographiques, concernant la durée totale de la végétation, manquent de clarté.

Le Blé et les autres plantes du « jour long » abrègent leur première période de végétation dans les régions d'altitude élevée, mais l'abaissement de la température y prolonge la deuxième phase et la *durée totale de la végétation.*

Un caractère chimique essentiel du Blé est sa *richesse en gluten*, qui constitue l'un des facteurs de sa valeur boulangère, mais non le seul, car les propriétés physiques du gluten (ténacité, élasticité) importent autant que sa quantité.

Les essais géographiques russes et les essais géographiques réalisés sous la direction du Professeur Azzi ont servi à établir les règles de la variabilité du gluten suivant l'action des facteurs écologiques.

Vavilov rapporte, d'après les travaux du Professeur N. N. Ivanof, chargé de l'étude de la variabilité chimique, un premier fait d'ordre très général : un premier groupe de plantes constituées par la plupart des légumineuses (pois, lentille, vesce, lupin) et le maïs conservent une très grande fixité de teneur en matières azotées, quel que soit le lieu de culture, probablement, dit Vavilov, en raison de la propriété que possèdent ces plantes d'assimiler l'azote libre de l'atmosphère; les autres plantes cultivées, constituant un deuxième groupe, présentent une grande variabilité dans leur richesse en matières azotées; le lupin et le pois chiche donnent des résultats incertains, probablement en rapport avec l'absence de bactéries spécifiques et des nodosités correspondantes, dans les contrées septentrionales.

Le Blé (il en est de même de l'Orge, de l'Avoine et du Seigle) voit son gluten s'accroître en allant du Nord vers le Sud et de l'Ouest à l'Est dans les plaines russes, et cela dans des proportions considérables : 11 % à Engelhardt, 52°12' de lat. N. et 33°30' de longit. E. et 20 % à Omsk, 55°1' de lat. et 70°32' de longit.; pour une autre variété, 11,5 % de gluten à Engelhardt et 19 % à Ascania-Nova, 46°5' de lat. et 33°50' de longit.

La proportion de gluten diminue quand on s'élève dans les régions montagneuses, dans les régions humides, en s'approchant du littoral et dans les cultures irriguées.

L'étude de la variabilité du gluten dans les essais organisés par le Professeur Azzi a donné (Briccoli, 1931[c]) les résultats que nous résumons dans le tableau ci-après.

Variabilité de la teneur en gluten dans des Blés de printemps

(Essais géographiques internationaux)

VARIÉTÉS	Ariana (Tunisie)	Cerignola (Italie)	(Trento) (Italie)	Kalmar (Suisse)	Rastatt (Allem.)	Schakens-leben (Allem.)	Skara (Suède)	Oslo (Norvège)
Timilia	15	**17.6**	16.5	13.1	15.6	8.2	12	8.6
Marzatico	15.9	15.6	15.8	15.2	**16.2**	11	13.2	9 1
Wagenburg	11.5	**16**	14	11.6	13.4	12.2	12.9	8.2
Gelchsheimer	11.5	**14.5**	12	10.1	12.2	10	10.6	7.4
Janetzki	13.5	15.1	14.7	12.3	**15.4**	12.5	14.1	9.3
Halland	»	**15.9**	13.6	13.7	15	12.2	13	8.7
Dala	14	**15.2**	13.8	13.2	14.9	12	13.6	9.8
Borsum	»	**15.6**	11.5	13.3	13.3	14	13.4	8.9

La teneur maximum de chaque variété est en caractères gras.

Il n'est pas douteux que les plus faibles teneurs se rencontrent dans les stations très septentrionales; beaucoup de variétés présentent leur maximum de richesse en gluten à Cerignola, station aridochaude de l'Italie méridionale.

Les chiffres inférieurs obtenus en Tunisie s'expliquent par le fait que la station de l'Ariana est tout près de la mer, et résultent aussi d'un fort échaudage de la récolte (le climat ne se prête pas aux semailles de printemps); la station de Rastatt, très continentale, présente encore de fortes teneurs en gluten.

L'auteur conclut à une action négative de la pluie (humidité, nébu-

losité), à une action positive de la température (insolation, luminosité); aucun des autres facteurs du milieu ne prévalut sur le groupe thermo-hydrique.

Des constatations analogues se dégagent de l'examen des cartes, publiées au Canada, donnant la teneur en protéine des Blés pour un réseau très serré de prélèvements, correspondant sans doute aux élévateurs régionaux des gares d'expédition.

Nous donnons ci-après (tableau 20) les teneurs en gluten sec de plusieurs Blés cultivés dans nos champs d'expériences, répartis dans les diverses régions de la Tunisie, en 1931. La graphique 2bis représente la variabilité de la teneur en gluten pour quatre Blés de force et celle de la moyenne (en trait ponctué) des quatre variétés.

Les localités (1 à 14, ligne horizontale) sont classées par ordre décroissant de valeur boulangère des Blés (même graphique : variabilité de W). On constate que la teneur en gluten subit, dans l'ensemble, la même loi de variabilité que la valeur boulangère (voir exposé plus loin), c'est-à-dire que la proximité de la mer, la forte pluviométrie, l'altitude diminuent la teneur en gluten des Blés, confirmation des résultats des expériences internationales. Toutefois, certains champs d'expériences (11, 3, 13, 5) mériteraient d'être avancés d'un ou deux rangs dans le classement. Ces champs se trouvent dans des exploitations fertiles, bien travaillées depuis longtemps, où le sol est certainement riche en azote assimilable et détermine une augmentation de la teneur en gluten, sans que celui-ci possède le maximum de ses qualités physiques.

En résumé, toutes les conditions qui prolongent la période de maturation : humidité de l'air et du sol, basse température, altitude, diminuent la teneur en gluten; il est probable qu'il serait plus exact de dire : augmentent la teneur en amidon en permettant à cette réserve de se concentrer pendant plus longtemps dans le grain. Le mode de transformation des substances azotées solubles du grain en gluten et les circonstances favorables ou défavorables à cette transformation ne sont pas encore complètement élucidés, malgré de nombreux travaux sur ce sujet. Il semble bien qu'une expérimentation directe sur l'influence de la température et du degré d'hydratation du grain aux diverses périodes de son développement et de sa maturation soit nécessaire pour permettre la compréhension de l'influence des facteurs écologiques sur la teneur des Blés en gluten et les qualités de ce dernier.

Le grain est tantôt *farineux et opaque*, tantôt *vitreux*, *corné et translucide*. Cette dernière structure caractérise surtout les Blés des deux premiers groupes et la première est particulière à ceux du troi-

sième groupe. Toutefois, la structure vitreuse n'est pas un caractère absolu, les Blés à grains durs sont sujets au mitadinage, dans certaines conditions de milieu dont nous avons parlé en étudiant cet accident de maturation, et certains Blés tendres deviennent plus ou moins complètement vitreux, lorsqu'ils mûrissent sous un climat chaud et sec.

La texture du grain est fortement influencée par les facteurs écologiques et varie à peu près parallèlement à la teneur en gluten. La variabilité de ce caractère est d'ailleurs très différente suivant les variétés et les espèces.

Vavilov a signalé que le *Tr. persicum* conserve la vitrosité de ses grains même sous les climats les plus septentrionaux. Sous notre climat, le mitadinage des *T. durum* et *polonicum* peut être considéré comme accidentel, celui des *T. turgidum* et *pyramidale* est beaucoup plus fréquent et plus accentué. Parmi les Blés tendres (*T. vulgare*), les uns sont toujours farineux (Richelle), d'autres légèrement glacés à la surface (Mahon, Baroota), d'autres sont normalement vitreux sur une grande épaisseur à partir de la surface (Florence, Irakié et beaucoup de leurs hybrides).

Nous avons dit que l'humidité paraît jouer le rôle essentiel dans la perte de la structure vitreuse, mais nous ne savons pas encore la part respective qui revient à l'humidité de l'air, à celle du sol, aux pluies qui mouillent le grain, à la chaleur progressive ou brusque.

L'étude de ce problème écologique présente une certaine importance pratique, les Blés durs étant très dépréciés par le mitadinage, et les Blés tendres de force (à très haute valeur boulangère) étant caractérisés par un grain vitreux.

3. Variabilité de la résistance aux maladies

Parmi les maladies cryptogamiques qui causent des dommages importants au Blé, les rouilles, l'oïdium et le piétin sévissent avec des intensités très variables d'une année à l'autre, ce qui indique une influence considérable des facteurs du milieu sur la réceptivité de la plante et probablement sur la puissance d'attaque des champignons parasites.

Les maladies causées par des Ustilaginées (charbon et carie), résultant du degré d'infection de la semence, paraissent être beaucoup moins affectées par les conditions extérieures.

Le développement des phanérogames parasites, comme le *Thesium humile*, et celui des plantes adventices (oxalis, folle-avoine, Crucifères, etc.) sont également influencés par les facteurs du milieu.

Les insectes qui attaquent le Blé sur pied (en Tunisie : Cécydomie, *Pachytychius*) ont leur cycle biologique étroitement conditionné par le milieu, soit directement, soit par son action sur leurs propres parasites, et les dommages qu'ils peuvent causer dépendent des facteurs climatiques.

On conçoit toute la complexité du problème écologique et la difficulté d'estimer, à leurs valeurs respectives, les influences qui s'exercent sur le Blé d'une part, sur ses concurrents et ses parasites d'autre part.

Pour ce qui concerne les cryptogames parasites, deux points de vue doivent être envisagés séparément : causes d'augmentation ou de diminution de la résistance du Blé, circonstances favorables ou défavorables au développement du champignon considéré en lui-même.

De telles observations sont difficiles à conduire en plein champ. Ces deux organismes (hôte et parasite) présentent, par rapport aux facteurs du milieu naturel (humidité et température principalement), des réactions qui sont souvent parallèles. Les circonstances qui favorisent le développement de la plupart des champignons sont également favorables à la végétation du Blé, ce qui limite fort heureusement les épidémies cryptogamiques. Ce sont souvent de courtes périodes de superposition des conditions de réceptivité de l'hôte et d'activité du parasite qui déclenchent de graves invasions (Riviera, 1924). D'après Butler (1925) : à Pusa (Indes britanniques), où *Puccinia triticina* et *P. glumarum* existent tous les ans, le facteur décisif est l'humidité de l'air en janvier-février (récolte fin avril); la rouille est plus abondante dans les cultures denses où l'humidité est de 20 % plus élevée et la température de 3° de moins à 10^{cm} au-dessus du sol, que dans les cultures clairsemées.

Pour le Blé, nous avons remarqué que les variétés précoces qui présentent une réceptivité moyenne pour *Puccinia glumarum* (rouille jaune) ne sont gravement atteintes que lorsque la végétation est déjà avancée, ce qui réduit l'activité des tissus, et que les circonstances favorisantes sont les légères averses, les brouillards, qui déterminent une forte humidité atmosphérique, sans que le sol bénéficie d'un apport d'eau qui serait favorable à la plante de Blé.

Dans les oasis sud-algériennes et sud-tunisiennes, malgré une température élevée, un milieu (sol et atmosphère) très humide, la rouille n'atteint pas les Blés adaptés à cette situation spéciale, alors qu'ils sont détruits par ce champignon dès qu'on les cultive à la côte (Alger ou Tunis); cela ne s'expliquerait guère que par l'irrigation dont ils profitent dans les oasis et qui maintient leurs tissus en état de défense suffisante.

Dans le Centre de la Tunisie (Maknassy), le Florence ne rouille pas,

alors qu'il est très sensible à la rouille jaune dans le Nord, probablement parce que l'humidité atmosphérique est insuffisante dans la région, très continentale et sèche.

Les variétés tardives de Blé tendre (Baroota, Mahon) résistent beaucoup mieux à la rouille jaune que les variétés précoces, sans doute parce que, leur végétation étant plus prolongée, les conditions favorables d'affaiblissement de la plante ne sont réalisées qu'à une époque tardive déjà sèche, n'offrant plus à *Puccinia glumarum* les possibilités d'une extension rapide.

La rouille noire (*Puccinia graminis*) respecte au contraire les Blés tendres précoces, tandis qu'elle attaque les Blés tendres tardifs et les Blés durs lorsque surviennent, pendant la maturation, de petites pluies ou des brouillards. Le Blé ayant alors perdu sa résistance est envahi avec une telle intensité que des grains, à la fin du stade laiteux, sont vidés de leurs réserves en quelques jours et que la récolte, qui paraissait assurée, peut être complètement anéantie.

Ces faits semblent montrer que *Puccinia graminis* a besoin d'une température plus élevée que celle qui convient à *Puccinia glumarum*.

Pour connaître avec précision les facteurs écologiques qui augmentent la réceptivité des Blés et ceux qui accroissent le développement des rouilles, il conviendrait d'expérimenter en milieu artificiel, en serre, de déterminer l'affaiblissement des plantes de Blé par le manque d'humidité du sol ou tout autre moyen, et de faire des ensemencements de rouilles dans des conditions diverses de température et d'humidité atmosphérique. Rivera a montré que, pour l'oïdium, la réceptivité de la plante correspond avec le moment où elle commence à se flétrir; les organes verts, en pleine turgescence, résistent aux infections.

De telles expériences nous permettraient sans doute de comprendre les causes des épidémies cryptogamiques, qui restent des exceptions à la règle générale quand il s'agit de plantes présentant une certaine résistance naturelle, et nécessitent probablement la superposition, parfois très courte, de deux phénomènes qui, généralement, s'excluent l'un l'autre.

C. ACTION DES FACTEURS ECOLOGIQUES SUR LE RENDEMENT DU BLE

Après avoir étudié l'action de chaque facteur écologique sur les caractères morphologiques du Blé, son mode de végétation, sa résistance aux parasites, il importe d'établir la variabilité du rendement sous l'influence simultanée de ces différents facteurs.

Comme l'industrie se préoccupe de plus en plus des qualités du Blé qu'elle utilise, de ses aptitudes à une bonne panification ou à la fabrication des pâtes, il est nécessaire d'envisager successivement le rendement quantitatif et le rendement qualitatif.

1. Rendement quantitatif

Le rendement quantitatif (poids de grain à l'unité de surface) est la résultante, avons-nous dit plus haut, de la productivité propre à chaque variété et des influences favorables et défavorables exercées par le milieu pendant la durée de la végétation.

Il faudrait donc étudier la variabilité du rendement quantitatif, pour chaque variété, et en fonction des divers éléments qui influent sur le développement du grain.

Le moyen de résoudre ce problème consiste à exprimer mathématiquement la variabilité du rendement, d'une part, celle de chacun des facteurs écologiques, d'autre part, et à calculer la corrélation existant entre la première et les secondes.

En se limitant à un facteur écologique prépondérant, comme la pluie, le problème est relativement simple. Nous l'avons abordé pour la Tunisie, dans les conditions qui sont exposées au paragraphe suivant et en ne tenant compte que des cultures indigènes, à peu près limitées aux Blés durs, qui présentent moins de diversité que les Blés tendres au point de vue de leurs réactions aux facteurs climatiques.

Nous avons employé, pour cette étude, la méthode du calcul de la corrélation mathématique simple (formule de PEARSON) [1].

Il y a corrélation positive ou directe, entre deux séries de résultats, quand les variations dans une série correspondent à des variations de même sens dans l'autre série. La corrélation est négative ou inverse

---

(1) Pour la méthode de calcul, voir notre ouvrage : *Eléments de Biologie et de Génétique appliquée à l'amélioration des plantes cultivées.* Tunis 1927.

Formules employées (PEARSON) :

Cœfficient de corrélation $r_{ab} = \dfrac{\Sigma (e_a \cdot e_b)}{n \ \sigma_a \cdot \sigma_b}$

Erreur probable de r $E_r = \pm \dfrac{0.6745 \ (1 \cdot r_2)}{\sqrt{n}}$

e_a = écarts des rendements par rapport à la moyenne.

e_b = écarts des pluies par rapport à la moyenne.

σ_a = écart quadratique du rendement
σ_b = écart quadratique des pluies
} d'après la formule $\sigma = \pm \sqrt{\dfrac{\Sigma e^2}{n}}$

n = nombre d'années d'observations = 12.

quand les variations dans les deux séries se font en sens inverse (les variations en + dans l'une correspondant aux variations en — dans l'autre).

Pour déterminer les corrélations multiples entre le rendement et plusieurs facteurs variables, faciles à exprimer mathématiquement (pluie, température, rayonnement solaire reçu, par exemple), il est préférable d'appliquer des méthodes graphiques (Bean, 1929, Mordecai), peut-être moins exactes, mais plus rapides et d'interprétation plus facile.

Quand on dispose d'un nombre suffisant de documents, embrassant une période d'années assez longue (vingt ans au moins), les corrélations établies mois par mois permettent d'exprimer par des chiffres, mensuellement, les probabilités de rendement et de suivre ainsi, *objectivement*, l'état des récoltes en terre au lieu d'avoir recours à des appréciations *subjectives*, qui dépendent du jugement et de l'expérience personnelle des observateurs et qui ont surtout le grave défaut d'être longues à établir.

Nous espérons que le réseau de stations météorologiques que nous venons d'établir en Tunisie, concordant avec celui des champs d'essais de céréales, permettra, un jour, de réaliser cette estimation mensuelle.

Actuellement, nous ne pouvons exposer que la corrélation entre le rendement quantitatif des récoltes indigènes de Blé et la pluie.

a) Corrélation entre le rendement des cultures indigènes de Blé et la pluie

Le réseau des stations pluviométriques du Service Météorologique est déjà suffisamment complet pour que l'on puisse disposer de résultats pour toutes les régions. Quant aux rendements du Blé, ils ne sont pas donnés par la Statistique générale de la Tunisie par région. Pendant la période de 1914 à 1926, soit douze années, la statistique de l'impôt achour donne, par caïdat, les surfaces dont les rendements étaient estimés respectivement à 1, 2, 3, 4, 5, 6 hectolitres et plus. Ce dernier rendement n'est guère dépassé par les cultures indigènes. En ne considérant que cette catégorie de cultivateurs de Blé, on peut calculer le rendement pour chaque caïdat. Cette estimation n'est évidemment pas parfaite, mais elle comporte néanmoins une approximation qui, dans l'ensemble, est la meilleure appréciation que l'on puisse trouver de la récolte indigène de Blé, plus exactement de Blé dur.

Les cultures européennes subissent moins étroitement l'influence de la pluie, parce que les travaux de jachère conservent dans le sol

une partie de l'eau tombée l'année précédente. Malgré l'importance du correctif apporté par la préparation du sol, il n'en reste pas moins vrai que le rendement est accru par des pluies opportunes et diminué par des sécheresses prolongées, aussi bien dans les exploitations européennes que dans les cultures indigènes. Les constatations que permettent ces dernières sont valables, au moins quant à leur sens, pour l'ensemble de la production du Blé.

A notre demande, M. Amiable, alors Chef de Travaux au Service Botanique, a calculé la corrélation pouvant exister entre les rendements du Blé dans chaque caïdat et les quantités de pluie tombées pendant les périodes suivantes :

Pour le Nord et le Centre
- du 1er octobre à la fin de mars;
- du 1er octobre à la fin d'avril;
- du 1er octobre à la fin de mai;
- mois de mars seulement;
- mois d'avril seulement;
- mois de mai seulement.

Pour le Sud, les mois de mars, avril, mai sont remplacés par février, mars, avril.

Les résultats de ces calculs sont donnés dans le tableau 19. Ils doivent être interprétés comme suit :

Le nombre d'années (12) dont nous avons pu utiliser les résultats est un peu faible pour une bonne détermination de la corrélation. Il faudrait disposer de 18 à 20 années.

Pour une corrélation directe parfaite, c'est-à-dire lorsque les deux séries de données varient dans le même sens et proportionnellement l'une à l'autre (une hauteur double de pluie correspondant à un rendement double par exemple), le coefficient de corrélation est l'unité.

A mesure que la corrélation est moins étroite, le coefficient diminue (0,85, 0,52, etc...). Si la corrélation est inverse, le coefficient est précédé du signe —.

On admet que la corrélation est certaine quand elle atteint six fois l'erreur probable, ce qui correspond dans le cas ci-dessus à 0,66; qu'elle est moins marquée, mais encore existante quand le coefficient vaut quatre fois l'erreur probable, soit 0,56. Certains auteurs tiennent même compte de coefficients valant seulement trois fois l'erreur probable, mais nous préférons, en raison de l'imprécision des documents utilisés, ne pas descendre au-dessous de 0,55.

Dans le tableau suivant (tableau 19), nous avons supprimé les décimales en prenant comme base 100 au lieu de 1, nous avons inscrit en caractères gras les coefficients qui doivent seuls être pris en

considération, et représenté par le signe — les coefficients de corrélation inverse (négative), généralement peu élevés, dont la valeur n'a pas été calculée.

Avant d'aborder la discussion des résultats inscrits au tableau 19, il faut dire qu'aucune corrélation n'a été trouvée entre les pluies de novembre à février et les emblavures annuelles, alors que l'on estime généralement que l'Arabe ne sème qu'autant qu'il pleut à l'automne et en hiver pour lui permettre des travaux de labours et de semailles. En réalité, il sème plus ou moins tôt, plus ou moins tard, mais il ne restreint ses ensemencements que lorsque l'hiver est exceptionnellement sec. Le tableau 26 et le graphique 4 montrent d'ailleurs que, pendant la période 1914-1926, seules les années 1914-1922-1924 ont été très déficitaires quant aux surfaces emblavées par les Indigènes.

La 1re région administrative comprend la zone très pluvieuse de la Tunisie à l'exception de la plaine de Souk-el-Arba et Souk-el-Khemis moyennement pluvieuse. Pour les caïdats d'Aïn-Draham, Béja et Mateur, la corrélation est négative entre le rendement de Blé et les pluies totalisées à fin mars, fin avril et fin mai, c'est-à-dire qu'aux années les plus humides correspondent les plus mauvaises récoltes. Pour Bizerte, les pluies de mars; pour Mateur, celles de mars et avril ont une influence heureuse, mais peu marquée; pour Béja et Aïn-Draham, il n'existe aucune corrélation entre les pluies mensuelles de printemps et le rendement : le coefficient est négatif deux fois sur trois.

La plaine de Souk-el-Arba et Souk-el-Khemis demande des pluies en mars et surtout en avril, mais les pluies d'hiver totalisées jusqu'à fin mars ont une influence négative, seule la totalisation à fin mai accuse une corrélation nette.

Pour la 2e région, la situation est toute différente. Pour les trois caïdats (Tunis-Banlieue, Cap-Bon et Zaghouan), la corrélation est très marquée pour les pluies totalisées d'octobre à la fin de chacun des mois de mars, avril et mai, ce qui indique que les mois précédents ne sont pas humides à l'excès dans leur ensemble. Les pluies mensuelles des trois mois de mars, avril et mai sont favorables au rendement de Blé, sauf dans le Cap-Bon, où les pluies seules d'avril sont en corrélation avec la récolte. Le caïdat de Tunis-Banlieue est celui des trois qui voit son rendement le plus étroitement lié à l'influence des pluies d'hiver et de printemps.

Dans la 3e région, la pluviométrie est très différente suivant les caïdats. Celui de Medjez-el-Bab, dans la vallée de la Medjerdah, reçoit une tranche d'eau suffisamment importante jusqu'en fin mars, sans corrélation avec la récolte de Blé, seules la totalisation en fin avril et fin mai et les pluies mensuelles de mars et d'avril ont une

TABLEAU 19. — **Corrélation entre les rendements du Blé (cultures indigènes) et les pluies**

	CAIDATS	1er OCTOBRE A FIN :				PLUIES MENSUELLES de :			
		Février	Mars	Avril	Mai	Février	Mars	Avril	Mai
1re Région - Bizerte	Bizerte	»	16	40	49	»	**60**	50	53
	Mateur	»	—(1)	—	—	»	**55**	**57**	45
	Béja	»	—	—	—	»	—	—	53
	Aïn Draham	»	—	—	—	»	—	30	—
	Souk-el-Arba Souk-el-Khemis	»	—	44	**58**	»	**56**	**88**	44
2e Région - Tunis	Tunis (Banlieue)	»	**68**	**94**	**85**	»	**76**	**67**	52
	Cap Bon	»	**62**	**72**	**65**	»	39	**61**	5
	Zaghouan	»	**55**	**63**	**70**	»	**55**	**58**	**62**
3e Région - Le Kef	Medjez-el-Bab	»	18	**58**	**67**	»	**82**	**76**	46
	Téboursouk	»	—	22	33	»	**57**	**60**	**55**
	Le Kef	»	37	**83**	**90**	»	43	**70**	**55**
	Tadjerouine	»	**60**	**77**	**84**	»	49	**68**	**62**
	Ouled-Ayar	»	**84**	**90**	**89**	»	**83**	53	35
	Ouled-Aoun	»	48	**56**	**60**	»	**69**	44	**61**
4e Région - Sousse	Sousse	»	**67**	**72**	**75**	»	54	**74**	»
	Monastir	»	**55**	**67**	**72**	»	23	**80**	42
	Mahdia	»	**82**	**83**	**87**	»	42	**69**	»
	Souassi	»	**58**	**65**	**65**	»	**56**	41	8
	Kairouan	»	**67**	**74**	**71**	»	**75**	**58**	19
	Djelass	»	51	**63**	**63**	»	**73**	**59**	8
	Fraichiches	»	**73**	**90**	**89**	»	31	**85**	**60**
	Madjeurs	»	**85**	**87**	**86**	»	**68**	**82**	17
5e Région - Sfax	Sfax	**77**	**88**	**84**	»	45	**57**	**55**	»
	La Skhira	51	49	40	»	**85**	**81**	**83**	»
	Arad (Gabès)	10	36	38	»	—	**71**	31	»
	Hammama	**87**	**75**	**89**	»	**77**	41	37	»
	Gafsa	»	—	—	—	»	—	43	»
	Djerid	»	**80**	**79**	**79**	»	**63**	47	»

(1) Le signe — remplaçant un nombre indique une corrélation négative plus ou moins marquée.

influence marquée; ces deux derniers mois surtout décident de la récolte par leur pluviométrie.

Le caïdat de Téboursouk est beaucoup plus humide et à végétation plus tardive, au point que la corrélation devient négative pour les pluies d'octobre à fin mars, à peu près nulle pour les totalisations en fin avril et fin mai. Seules les pluies printanières mensuelles montrent une corrélation, assez peu élevée d'ailleurs, avec la récolte.

Dans le caïdat du Kef, encore plus élevé et plus froid, le retard de la végétation supprime toute corrélation avec les pluies tombées jusqu'en fin mars; seules les pluies d'avril et mai influent beaucoup sur le rendement. Le coefficient de corrélation, à la fin de ce mois, est parmi les plus élevés du tableau.

Pour le caïdat de Tadjerouine, la situation est à peu près la même, avec cette différence toutefois que la corrélation est déjà marquée pour les pluies tombées avant la fin mars.

Le caïdat des Oulad-Ayar, malgré une altitude assez élevée, bénéficie beaucoup des pluies d'hiver, la corrélation étant très étroite avec les pluies totalisées fin mars, fin avril et fin mai. Cette corrélation existe encore pour les pluies mensuelles de mars, elle est très faible pour celles d'avril, incertaine pour les pluies de mai.

Pour le caïdat des Oulad-Aoun, qui s'étend sur le versant Nord de la chaîne centrale, ce sont les totalisations de fin avril et mai, les pluies mensuelles de mars et celles de mai qui montrent la meilleure corrélation, sans qu'elle soit d'ailleurs très étroite.

La 4e région comprend : des caïdats littoraliens (Sousse, Monastir, Mahdia), formés de plaines avec coteaux peu élevés, ouvertes aux vents du Sud, qui atténuent beaucoup les influences marines, trois caïdats de grandes plaines brûlées du soleil (Souassi, Kairouan et Djelass) et deux caïdats montagneux (Madjeurs et Fraichiches).

Pour tous, il existe une corrélation bien nette entre la récolte de Blé et les pluies totalisées d'octobre à fin mars, à fin avril et à fin mai. Dans les trois premiers, bordant la mer, les pluies d'avril sont les plus importantes; dans le caïdat des Souassi, ce sont celles de mars qui influent davantage, dans ceux de Kairouan et des Djelass, les pluies de mars sont en corrélation étroite et celles d'avril en corrélation moins accentuée avec la récolte; dans les Fraichiches, les pluies d'avril et mai et, chez les Madjeurs, celles de mars et avril montrent une corrélation élevée, surtout pour celles d'avril.

Dans la 5e région, nous n'envisageons que les trois caïdats de Sfax, La Skhira et les Hammama; les trois autres comprennent beaucoup de cultures de Blé irriguées qui faussent tout calcul de corrélation entre les pluies et le rendement. A Sfax, les totalisations de pluies

d'octobre à fin février, fin mars et fin avril, les pluies de mars et d'avril à un degré moindre, conditionnent le rendement du Blé; il semble donc que les pluies d'hiver sont les plus importantes.

Pour le caïdat de La Skhira, ce sont seulement les pluies mensuelles de février, mars et avril qui sont en corrélation étroite avec la production du Blé.

Enfin, dans les Hammama, la corrélation est très étroite pour les pluies d'hiver; celles de mars et avril, sans doute trop tardives, n'influencent plus guère la récolte.

Il ne faut pas attribuer aux chiffres qui précèdent une valeur trop absolue, la période qui a servi à leur calcul est un peu trop courte et ils ne représentent que l'allure, en quelque sorte moyenne, de la corrélation entre les pluies et le rendement en Blé. Quoiqu'il en soit de leur imprécision, ces résultats correspondent assez fidèlement aux observations des agriculteurs; ils ont le mérite de traduire par des chiffres, comparables entre eux, l'influence des pluies d'hiver et de printemps, que les praticiens ne peuvent guère estimer qu'à l'aide d'impressions, localisées pour chacun d'eux à une région particulière, et permettant difficilement une vue d'ensemble.

Ce calcul de la corrélation entre la pluie et le rendement en Blé, à la condition de porter sur une vingtaine d'années, de s'appuyer sur une estimation aussi exacte que possible des rendements et sur des moyennes pluviométriques d'un nombre suffisant de stations météorologiques, nous paraît de nature à fournir de bons éléments de prévision de la récolte à un moment quelconque de l'hiver et du printemps.

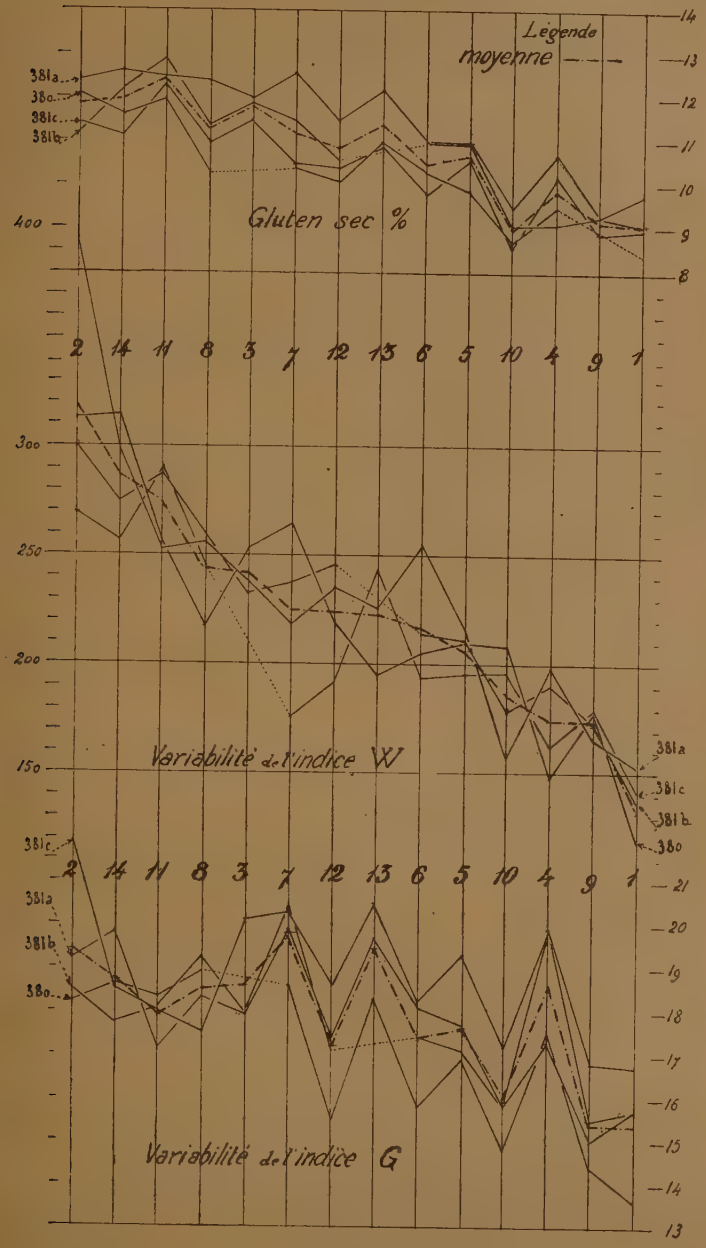
b) Corrélation entre le rendement du Blé et la température

Nous n'avons encore entrepris aucune étude de la corrélation entre le rendement du Blé et la température. Les documents météorologiques sont moins nombreux; il y aurait probablement lieu d'envisager non seulement la température moyenne, mais aussi les extrêmes, surtout les maxima, qui peuvent devenir dangereux pour la végétation.

L'action de la température nous paraît d'ailleurs être liée à l'état d'humidité du sol, et il sera probablement nécessaire de l'étudier en même temps (corrélations multiples) que la pluie.

Nous nous proposons également d'envisager plus tard la quantité de calories reçues par rayonnement solaire et l'état hygrométrique de l'air.

GRAPHIQUE 2 BIS. — VARIABILITÉ CHIMIQUE DES BLÉS PUSA × FLORENCE



2. Rendement qualitatif

On se sert souvent, comme base d'appréciation de la qualité du Blé tendre, du poids spécifique du grain, de sa teneur en gluten, du degré d'hydratation de ce dernier.

Nous avons montré (Bœuf, 1928) que ces données ne permettaient pas d'apprécier la valeur boulangère des Blés. Nous avons adopté la méthode Chopin (1921), qui consiste à déterminer les propriétés mécaniques de la pâte au moyen de l'extensimètre inventé par cet auteur. Cette méthode nous a donné d'excellents résultats et nous a fourni un procédé rapide, d'une valeur inestimable, pour diriger nos sélections vers l'obtention de Blés à haute valeur boulangère.

Un exposé des résultats obtenus à ce point de vue fera l'objet d'un chapitre spécial dans le volume II de cet ouvrage. Nous nous contenterons ici d'utiliser les chiffres concernant quelques variétés de Blés précoces, cultivées dans les diverses régions de la Tunisie, en 1931, pour montrer l'amplitude des variations de la valeur boulangère, les relations probables entre cette variabilité et les facteurs climatiques, la possibilité de calculer la corrélation qui exprime ces relations et le grand intérêt que présente la localisation de la culture des Blés de force dans les régions où le climat permet à ces Blés d'acquérir leur pleine valeur.

Le tableau 20 donne, pour 10 variétés de Blé, le poids spécifique (H en kg par Hl), la teneur centésimale de la farine en gluten sec (Gl), l'indice de gonflement (G) et le travail d'amincissement de la pâte étirée en bulle (W en milliers d'ergs).

Les variétés dont le W dépasse 200 peuvent être considérées comme « Blés de force », celles dont le W est compris entre 110 et 200 sont de bons « Blés boulangers » n'exigeant pas l'addition de Blés de force et pouvant même améliorer des Blés un peu faibles.

On peut constater que les quatre Blés de force, dont W dépasse 200, ne sont pas les plus riches en gluten sec.

Pour quatre « Blés de force », les hybrides de Pusa × Florence N°s 380, 381 a, 381 b, 381 c, actuellement à l'état de lignées pures, provenant de 13 ou 14 champs d'expériences répartis dans les diverses régions de la Tunisie, nous avons établi le graphique N° 2bis relatif à la variabilité de la valeur de W qui exprime le mieux la valeur boulangère.

Le trait ponctué relie les moyennes des quatre Blés dans chaque station. Les stations ont été rangées par ordre décroissant de cette moyenne. Les traits fins relient les valeurs de W pour chacune des quatre variétés dans chaque station.

Les résultats que nous avons à interpréter ne concernent que l'an-

TABLEAU 20. — **Variation de la valeur industrielle suivant les régions**

H : poids de l'hectolitre ; Gl : gluten dans la farine ; G : indice de gonflement ; W : travail en milliers d'ergs

(Chiffres obtenus par M. MATWEEFF)

Pusa × Florence 38o

LOCALITES	CARACTERISTIQUES de la région	PLUIE 1er octobre 30 mai	GRAIN Poids de l'Hl. H	FARINE gluten sec Gl	PATE Propriétés mécaniques G	PATE Propriétés mécaniques W
		mm.	Kg.	%		
1. Serv. Bot. Ariana...	Littoralienne demi-sèche	438	88,6	8,4	13,6	142,1
2. Saint-Cyprien.....	Demi-littoralienne demi-sèche	360	84,6	12,1	18,2	269,5
3. Fedjet-Khemakem..	Demi-littoralienne demi-sèche	386	»	»	»	»
4. Ferryville.....	Littoralienne demi-pluvieuse	570	85,5	9,5	17,5	162
5. Aïn-Rhelal.....	Demi-littoralienne demi-pluvieuse	543	86,1	9,9	16,9	195,5
6. Soliman.....	Littoralienne demi-sèche	278	85,3	10,3	15,8	193,9
7. Korba.....	Littoralienne demi-sèche	331	85	10,5	18.6	175,5
8. Djouggar.....	Chaîne centrale, demi-sèche	336	85	10,3	18,9	245,1
9. Béja.....	Continentale Nord, pluvieuse	761	84,7	»	14,4	179,1
10. Le Kef.....	Hautes plaines, demi-pluvieuses	»	84,5	8,7	14,8	195,7
11. Souk-el-Khemis.....	Medjerda (vallée), demi-sèche	»	84	12	18,3	290,6
12. El-Akhouat.....	Continentale, demi-sèche	431	82.7	10,1	15,5	192,1
13. El-Alem.....	Plaine centrale, sèche (irrigable)	214	82	11	18,3	243,8
14. Bou-Thadi.....	Plaine méridionale, très sèche	159	**83,6**	**11,6**	**18,6**	**256,2**
Moyenne.....	»	»	84,7	10,4	16,9	210,9

Tableau 20 (*suite*). — Variation de la valeur industrielle suivant les régions

	Pusa × Florence 381 a				*Pusa × Florence 381 b*				*Pusa × Florence 381 c*			
Localités	H	Gl	G	W	H	Gl	G	W	H	Gl	G	W
1	89,8	9,8	15,7	153,1	84,1	9,1	15,7	136,9	81,3	9	16,7	119,1
2	82,6	12,4	19,2	394,6	79,5	11,2	18,5	300,5	80,7	11,4	21,9	312,8
3	82,5	12	17,9	238,3	80,5	11,9	17,9	232,9	80,1	11,5	20,1	253,4
4	84,4	9,1	17,3	198,7	83,2	10,7	19,9	190,4	81,3	10,2	19,9	148,1
5	82,1	11	17,7	216,3	79,6	11	17,1	211,1	79,6	10,6	19,3	210
6	82,5	11	18,1	255,5	83,1	11	17,4	214,3	82,7	9,8	18,2	205,6
7	81,8	12,6	19,9	218,7	81,1	11,5	20,4	237,7	81,4	10,4	20,3	265,1
8	84,1	12,4	18,3	256,3	82	11,4	19,2	259,2	83,8	11	17,5	217,6
9	82,4	9,3	15	166,3	82	9,3	15,5	172,8	81,7	8,9	16,8	176,8
10	82,9	9,1	15,8	157,9	83,1	9,5	15,8	177,9	82	8,6	17,2	208,6
11	81,1	12,5	17,1	252,9	81	12,9	18,1	288	80,8	12,3	18	255,7
12	81	11,5	17,4	235,5	81,5	10,6	17,1	246,2	79,2	10,4	18,6	219,1
13	78	12,2	19,7	225,9	»	»	»	»	79,4	10,9	20,5	194,9
14	80,2	12,6	19,8	298,8	78,3	12,3	17,7	274,8	80,1	11,1	18,5	314,5
Moyenne	82,1	11,3	17,8	233,2	81,5	11	17,7	226,4	81	10,4	18,9	221,5

Tableau 20 *(suite)*. — Variation de la valeur industrielle suivant les régions

	Irakié × Ardito 10301 b				*Florence 135*				*Pusa × Florence 385*			
Localités	H	Gl	G	W	H	Gl	G	W	H	Gl	G	W
1	76,1	»	15,5	164,3	83,6	11,8	18,3	83,1	»	11	»	»
2	»	»	»	»	82,5	12,7	19,9	227,1	85,5	13,3	20	263,1
3	80,2	10,2	16,3	278,7	82,7	12,5	20,4	113,8	82,8	13,5	20,3	174,6
4	76,7	»	15,4	113,8	83,4	9,9	18,6	97,3	82,8	9,8	20,3	184,7
5	»	10,7	»	»	82,7	11,5	18,3	125,8	80,1	11,5	18,9	208,9
6	78,5	10	14,8	209,2	84,1	10,4	16,7	143,5	»	»	»	»
7	77,4	11,1	18,4	269,9	»	»	»	»	»	»	»	»
8	»	10	»	»	84,8	11,4	20,8	196,6	84	10,7	18	155,6
9	81,5	»	15,2	220,6	82,7	10,7	17,1	117,4	81,2	11,2	16,6	124,5
10	79,8	9,1	15,3	223,1	81,4	10,5	16,7	112,5	84	11,6	16,1	156,3
11	»	11,1	»	»	»	»	»	»	84	13,8	20,4	179,5
12	77,5	»	15,5	245,9	»	»	»	»	81,8	11,7	17,9	236
13	»	»	»	»	81,4	12,6	19,3	120,4	82,3	13,7	20,1	157,6
14	»	11	»	»	81,1	12,6	20	182,3	81,9	12,8	18,8	252,3
Moyenne	78,5	10,4	15,8	215,7	82,8	11,5	18,7	138,2	82,8	12,1	18,9	190,3

Tableau 20 (*suite*). — Variations de la valeur industrielle suivant les régions

	Pusa × Florence 387				*Florence × Aurore 588 d*				*Allora × Florence 436*			
Localités	H	Gl	G	W	H	Gl	G	W	H	Gl	G	W
1	85	9,8	17,7	124,5	79,7	9,8	17,2	120,4	»	»	»	»
2	87,2	13,7	19,6	228,2	»	»	»	»	»	11,1	19,8	188,9
3	82,1	12,8	16,1	234,2	81,3	11,1	16,7	102,2	»	»	»	»
4	82	10,7	20,3	178,6	84	9	15,6	143,8	»	»	»	»
5	85,5	10,5	17,5	143,3	81,5	8,2	15,3	113,6	»	»	»	»
6	85,5	11,2	17,3	199,7	»	»	»	»	»	»	»	»
7	85,6	11,2	19,9	177,4	76,5	11,4	18,9	109,2	»	11	19,9	215,6
8	86	11,1	18,1	132	81,9	9,6	17,1	108,8	»	»	»	»
9	84,6	9,4	13,2	120,8	»	»	»	»	»	»	»	»
10	84,7	10,4	17,9	181,5	»	»	»	»	»	10,4	15,7	138,7
11	84,8	13,3	18,2	162,8	83	10,8	16,9	139,4	»	13,1	18,4	184,6
12	84,1	11,8	16,8	171,1	80,6	8,7	16,5	118	»	»	»	»
13	83,9	13,2	19,4	139,8	79,4	9,2	16,1	105	»	12,7	18	147,9
14	82,1	12,8	20,3	160,6	»	»	»	»	»	12,4	19,6	220,9
Moyenne	84,5	11,6	18	168,2	80,9	9,8	16,7	117,8	»	11,8	18,6	182,8

née 1931 et ne peuvent pas permettre des déductions définitives. Ils ne peuvent servir qu'à orienter les observations à faire au cours des années suivantes.

Malgré les écarts que les valeurs de W présentent avec les moyennes, nous pouvons faire les constatations suivantes :

1° Les régions où W n'atteint pas 200 comme moyenne sont : (1) le Service Botanique, littorale semi-sèche; (9) Béja, continentale Nord pluvieuse; (4) Ferryville, bord du lac de Bizerte, demi-pluvieuse; Le Kef, continentale, altitude 700m environ.

L'humidité de l'air due au voisinage de grandes masses d'eau, la forte pluviométrie et l'altitude peuvent être envisagées comme causes de diminution de la valeur boulangère. En 1930, les résultats, au Service Botanique, étaient toutefois très supérieurs à ceux de 1931. Il semble qu'un fort échaudage, en 1931, ait brusqué la maturation; un long séjour sur le sol des gerbes soumises à l'action presque ininterrompue du siroco a pu empêcher la maturation physiologique qui, lorsqu'elle s'accomplit normalement, augmente la valeur de W pendant plusieurs mois.

2° Les régions où W dépasse 250, donnant aux Blés de force toute leur valeur, sont : (2) Saint-Cyprien, 25 km. de la mer, demi-sèche; (14) Bou-Thadi, 65 km. à l'O. de Sfax, très sèche; (11) Souk-el-Khemis, vallée de la Medjerdah, continentale, demi-sèche. Les influences qui s'exercent dans ces régions sont inverses de celles qui se manifestent dans les régions citées au paragraphe précédent.

3° Les régions (8-3-7-12-13-6 et 5) dans lesquelles les Blés de force donnent une W comprise entre 200 et 250, exprimant la manifestation moyenne de leurs qualités, sont toutes des régions continentales, sauf les stations 6 et 7, qui se trouvent dans le Cap-Bon (versant W et versant E), à des distances d'environ 5 à 10 km. de la mer.

4° Il n'est pas interdit de penser que d'autres Blés de force se montreront adaptés aux régions dans lesquelles les quatre précédents n'acquièrent qu'une qualité insuffisante. L'hybride Irakié × Ardito 10801 b donne W = 220,6 à la station de Béja (9), 223,1 à la station du Kef (10), mais reste encore faible aux stations Service Botanique (1) et Ferryville (4).

5° Pour les « Blés boulangers » Florence 135, Pusa × Florence 385, Pusa × Florence 387, Allora × Florence 436, Florence × Aurore 588 d [1], les résultats sont, dans leur ensemble, conformes à ceux exposés ci-dessus pour les « Blés de force ».

---

(1) Cette lignée ne doit pas être confondue avec le Blé Cailloux (Flor. × Aur. 588), formé d'un mélange de plusieurs lignées.

6° L'indice de travail W constitue une propriété spécifique des races (lignées pures) de Blé. Sa variabilité suivant les facteurs écologiques semble être en corrélation avec le régime thermo-hydrique.

7° L'indice de gonflement G, qui indique l'élasticité de la pâte, représenté sur le graphique N° 2bis par la moyenne des quatre Blés de force, suit à peu près la même loi de variabilité que l'indice de travail W, mais avec des fluctuations beaucoup plus grandes entre les stations. Il est probable qu'il y aura lieu de faire entrer dans l'étude de sa variabilité d'autres facteurs que la température et l'humidité, par exemple la nature du sol, sa fertilité, les conditions de conservation des grains.

L'étude écologique du rendement qualitatif des Blés aura pour conséquence pratique de régionaliser la production des diverses variétés et de spécialiser les régions de la Régence dans la production des variétés les plus aptes à y prendre leur maximum de qualité.

Il est probable que les régions littoraliennes Nord, les régions à forte pluviométrie, celles d'altitude élevée auront intérêt à produire des « Blés boulangers » destinés à la consommation locale et dont le surplus sera utilement exporté dans la Métropole à l'époque de la soudure entre deux récoltes. Les régions continentales sèches ou demi-sèches paraissent le mieux convenir à la production des « Blés de force », complémentaire de celle de la Métropole, dont le climat ne se prête pas, dans la plupart des années, à l'obtention de Blés susceptibles d'une bonne panification sans addition de Blés de force.

VI. MÉTHODES DE CULTURE

A. Assolements :

1. Méthode indigène. — 2. Assolement biennal. — 3. Assolement triennal. — 4. Culture en bandes espacées.

B. Préparation du sol :

5. But. — 6. Eléments constitutifs du sol en place. — 7. Constitution de l'approvisionnement du sol en eau : a) Ruissellement; b) Pénétration de la pluie; c) Capacité du sol pour l'eau. — 8. Conservation de l'eau dans le sol : a) Evaporation par le sol; b) Evaporation par les plantes. — 9. Préparation de la sole destinée au Blé : a) Préparation de la jachère; b) Préparation après une récolte.

C. Fertilisation du sol. Engrais :

10. Conditions de fertilité. Effets des façons culturales. — 11. Approvisionnement naturel du sol. Origine, forme et cycle des substances alimentaires. — 12. Détermination des besoins du sol en substances assimilables. — 13. Appauvrissement du sol par les récoltes. — 14. Engrais : a) Engrais azotés; b) Engrais phosphatés; c) Engrais potassiques; d) Engrais magnésiens; e) Engrais mixtes.

D. Travaux de semailles :

15. Choix des semences. — 16. Densité du semis. — 17. Mode d'exécution des semailles. — 18. Epoque des semailles. — 19. Travaux complémentaires des semailles.

E. Travaux d'entretien.

F. Travaux de récolte.

L'agriculteur se trouve dans l'obligation de subir les conditions climatériques du milieu, faute de moyens propres à les modifier, mais, sur tous les facteurs de la production végétale qui résultent de la fertilité du sol, il peut exercer une action largement efficace par les méthodes de culture.

Le choix des plantes à cultiver, leur succession sur le terrain, c'est-à-dire *l'assolement* adopté, doivent tendre à la conservation et même à l'augmentation de la fertilité naturelle du sol, tout en demandant à l'exploitation le maximum de rendement net.

Le mode de préparation du sol, par la nature des travaux effectués, l'époque et l'ordre de leur exécution, exerce une influence considérable sur la vie du sol et doit déterminer une sorte d'exaltation de la fertilité, dont profite immédiatement la récolte qui suit cette préparation, mais dont les effets se conservent parfois après un délai de plusieurs années.

L'amélioration de la nature du sol par des amendements, son enrichissement direct par des apports *d'engrais* permettent de corriger certaines défectuosités naturelles et d'établir entre les éléments de fertilité un état d'équilibre nécessaire à leur utilisation maximum par les plantes cultivées.

Les *semailles*, par la quantité de semences employée, l'époque, le mode d'exécution, jouent un rôle important dans la détermination du rendement.

Les travaux d'entretien : hersages, roulages, binages, sarclages, ont pour but de maintenir le sol dans l'état physique le plus propice à la conservation de sa fertilité et de soustraire la plante à la concurrence de la végétation étrangère.

Les travaux de récolte, moisson, battage constituent la réalisation du produit; leur époque et leur mode d'exécution, les soins qu'on y apporte, ne sont pas sans influence sur la quantité et la qualité de la récolte.

A. ASSOLEMENTS

1. Méthode indigène

Dans la méthode primitive de culture indigène, au moyen d'instruments qui n'ont pas changé depuis des millénaires, on ne peut guère parler d'assolement. L'araire de bois, à pointe de fer, ne peut entamer un sol durci par la sécheresse, sauf lorsqu'il s'agit de terres très légères; le fellah attend la pluie d'automne pour effectuer un premier labour, et une deuxième pluie pour semer et recouvrir le grain par un deuxième labour.

Si la période favorable aux semailles débute de bonne heure, si elle se prolonge, l'agriculteur indigène ne résiste pas à la tentation de profiter de ces heureuses circonstances, il sème toute sa terre, sans souci de répéter les ensemencements pendant plusieurs années de suite sur le même terrain. Si les pluies d'automne sont tardives et de

peu de durée, le fellah réduit ses emblavements et une partie des terres reste en jachère morte servant au pâturage.

Cette méthode simpliste est en rapport avec le mode de culture extensive ou plutôt de culture à faible rendement suivie par les Indigènes. Leurs maigres récoltes n'épuisent guère le sol, ils prélèvent peu de paille, laissent la plus grande partie des chaumes pourrir sur place; les animaux les pâturent pendant qu'ils sont mangeables et leurs déjections constituent toute la fumure. Dans les années à pluviométrie insuffisante la récolte est à peu près nulle. On conçoit que cette exploitation du sol ne l'appauvrit que lentement et que la succession des récoltes, coïncidant avec les années les plus favorables, ne puisse être déconseillée.

C'est Allah qui se charge d'assurer le repos du sol en distribuant parcimonieusement la pluie, c'est lui le Maître de l'assolement.

2. Assolement biennal

L'agriculteur européen, à la lumière de ses connaissances agricoles, s'est préoccupé d'obtenir des rendements plus élevés et plus réguliers que ceux dont se contente l'Indigène, tout en conservant et même en accroissant la fertilité du sol. La question de l'assolement pouvant le mieux convenir à ces fins est l'une des premières qui se soit posée aux colons.

D'observation en observation, d'expérience en expérience, il s'est créé une tradition agricole adaptée aux particularités du climat, qui, si elle ne peut être considérée comme définitive, suffit actuellement à assurer une production normale.

Les agriculteurs qui s'installent aujourd'hui ne peuvent se rendre compte des incertitudes et des difficultés qui ont assailli leurs devanciers, il y a trente ou quarante ans. Ce n'est guère que depuis une vingtaine d'années que le problème de l'assolement a reçu des solutions satisfaisantes, appropriées aux diverses régions naturelles du pays.

En faire en quelque mots l'historique, rappeler les étapes successivement parcourues, paraît être le meilleur moyen de faire comprendre la raison d'être des méthodes actuelles.

Le Blé ayant toujours été la récolte principale, tout ce qui concerne le choix de l'assolement vise à l'obtention du rendement maximum de cette céréale.

L'exécution des travaux au moyen d'attelages d'animaux, la tradition, apportée de France, de la nécessité de produire et d'employer du fumier de ferme pour maintenir la fertilité du sol, imposaient aux

agriculteurs le souci de la production fourragère au même titre que celle des céréales.

Ce fut la première différence avec l'agriculture indigène, qui ne se préoccupe que très imparfaitement, et souvent pas du tout, de la constitution de réserves fourragères et de la fumure du sol.

Pendant une première période, les agriculteurs ont adopté, suivant la pluviométrie de leur région et la fertilité de leur domaine, l'assolement suivant : une et quelquefois deux récoltes de céréales (généralement Blé, puis Orge et Avoine) alternant avec une année de repos. Pendant cette année de jachère, on laissait le sol se couvrir de végétation spontanée, dans laquelle se trouvait parfois une proportion importante de légumineuses, entre autres le Sulla (*Hedysarum coronarium*), fixateur d'azote atmosphérique. Ce fourrage était coupé en avril et le terrain labouré aussitôt que possible, pendant que la terre contenait un peu d'humidité. Un hersage et un labour de recroisement complétaient la préparation du sol.

Mais il arrivait souvent que la sécheresse durcît la terre avant que toute la sole ait pu être labourée; le travail s'achevait en été, par des labours pénibles, coûteux, laissant le sol très motteux, ce qui rendait impossible toute autre façon culturale avant les premières pluies d'automne. On ne tarda pas à s'apercevoir que seuls les labours effectués en terre humide et suivis d'un ameublissement ultérieur constituaient une préparation satisfaisante assurant un rendement convenable de la céréale.

L'utilité apparut de commencer les labours de jachère avant la récolte du fourrage spontané, en enfouissant, comme engrais vert, la végétation d'autant moins développée que le labour était exécuté plus tôt. La pratique du « labour de printemps » était née.

Si elle s'imposa comme une nécessité aux agriculteurs réfléchis et observateurs, elle fut assez longue à se généraliser, parce qu'elle supprimait toute production fourragère sur une partie de l'exploitation.

La fatigue des attelages après le travail intensif des semailles, la possibilité de les nourrir économiquement, tout en les laissant reposer, par le pâturage dans les chaumes, dans lesquels les pluies développaient une végétation spontanée plus ou moins abondante, engageaient beaucoup d'agriculteurs à différer les labours.

Cependant, dès 1894, un des colons les plus avertis, qui contribua pour une large part à la fixation d'une méthode rationnelle de culture, M. Albert Troublet, précisait dans une « Note sur un assolement quadriennal » les avantages du labour de printemps sur le labour d'été : prix de revient minimum; meilleur effet physique quant à la division du sol et à son ameublissement, meilleur effet cultural par la destruction des mauvaises herbes avant qu'elles aient

pu produire leurs graines, alors que le labour d'été ne fait qu'enfouir profondément ces dernières; effet chimique des plus importants, parce que les labours de printemps « aèrent le sol au moment où il est humide et provoquent une nitrification intense qui se prolonge pendant l'été aussi longtemps que l'humidité persiste sous le matelas que la surface ameublie par le labour interpose entre le soleil et la terre », tandis que « les labours d'été, en fendant la terre au moment des fortes chaleurs, en hâtent la dessiccation, le peu d'eau qu'elle contient encore s'évapore, les ferments nitrificateurs privés de cet élément indispensable perdent toute activité ».

Et, afin de tenir compte de la nécessité de produire des aliments pour le bétail tout en conservant à la production des céréales la moitié du domaine, M. A. Trouillet concluait à l'adoption, pour les régions de pluviométrie semblable à celle de Bordj-Toum, l'assolement quadriennal suivant : jachère travaillée, Blé, Fourrage, Avoine ou Orge.

L'extension prise par la jachère nue, travaillée, en raison de son heureuse influence sur le rendement, ne tarda pas à faire disparaître la flore spontanée des légumineuses, qui mûrissent tard, pour ne laisser persister que les plantes à maturation précoce, en particulier les crucifères. Pour conserver une production fouragère, il fallut avoir recours aux fourrages artificiels semés : Fenugrec ou mélange Vesce-Avoine. Le Fenugrec a été abandonné parce que les quelques graines tombées dans les champs donnent des plantes qui mûrissent dans les moissons et y introduisent une impureté, difficile à éliminer, dont le mélange au Blé donne au pain un goût et une odeur désagréables, et peut entraîner le refus de la marchandise par l'acheteur.

La production du fourrage artificiel sur un quart de l'exploitation est assez onéreux parce qu'elle exige une préparation du sol après le Blé, c'est-à-dire en été. Il aurait fallu disposer d'une légumineuse, comme le trèfle, qui, semé au printemps, dans le Blé, en France, se développe peu dans la céréale et donne l'année suivante deux coupes successives, sans exiger d'autre travail que celui de la récolte. Des essais ont montré l'impossibilité de recourir à cette légumineuse bisannuelle qui ne saurait persister pendant la longue sécheresse de l'été. Les expériences tentées avec le Sulla indigène, à enracinement plus profond, n'ont pas permis non plus de résoudre le problème d'une culture fourragère exempte de frais culturaux.

La culture des fourrages se montrant peu intéressante par elle-même, le rendement de la céréale qui suit la sole fourragère étant toujours inférieur à celui de la céréale sur jachère, les agriculteurs ont été amenés à réduire au minimum la surface consacrée au fourrage au lieu de lui réserver le quart de l'exploitation. L'emploi des

moyens mécaniques de culture, en diminuant le bétail de trait, est venu accentuer encore cette réduction, entraînant une diminution corrélative de la culture de l'Avoine et de l'Orge, semées de préférence sur fourrage.

Enfin, la culture des fourrages étant salissante, parce que beaucoup de plantes adventices qui s'y développent laissent tomber leurs graines avant la fauchaison, beaucoup d'agriculteurs ont été conduits à diviser leur domaine en deux parties, d'importance inégale déterminée par l'importance du cheptel vif à entretenir et suivant chacune un assolement spécial.

1re partie : jachère nue bien travaillée. — Blé.

2e partie : fourrages. — Orge et Avoine.

La deuxième partie se trouve ainsi exclusivement consacrée aux productions nécessaires à l'alimentation du bétail. On la cantonne près de la ferme ou sur des terres de valeur secondaire auxquelles on réserve généralement le fumier, appliqué à la sole de fourrages.

L'autre partie de l'exploitation est réservée au Blé; l'assolement que nous avons noté ci-dessus présente des variantes suivant la pluviométrie de la région et l'état de fertilité des terres.

Dans les exploitations où la motoculture a remplacé à peu près totalement l'emploi des animaux de trait, l'assolement biennal jachère-Blé est devenu la règle lorsque la pluviométrie est inférieure à 500mm. Il a permis d'obtenir, après une application de 15 à 20 ans, une telle augmentation de la fertilité que des rendements de 20 à 25 quintaux, auxquels personne n'aurait osé prétendre autrefois, sont devenus fréquents et que des productions dépassant 30 quintaux à l'hectare sur des parcelles de plus de 100 hectares cessent d'être de rares exceptions.

Cette formule est devenue un véritable dogme pour des agriculteurs comptant parmi les plus éclairés et il n'est pas douteux qu'elle est encore la meilleure pour la mise en exploitation des terres dans les régions recevant de 300 à 500mm de pluie, jusqu'au moment où le développement de la fertilité détermine la verse du Blé.

Cette méthode devient une véritable assurance contre les effets désastreux de la sécheresse, car elle accroît peu à peu la réserve d'eau du sous-sol et l'on ne connaît plus de récoltes nulles, ou à peu près, dans les exploitations où l'assolement biennal est pratiqué depuis une dizaine d'années.

Dans les régions mieux arrosées, surtout lorsque la pluviométrie atteint et dépasse 600mm, la jachère nue travaillée perd son objectif principal qui est d'accroître l'approvisionnement du sol en eau. Il devient même parfois nécessaire, dans ces situations, de « presser

l'éponge » au lieu de la gorger davantage. Une culture sarclée est alors préférable à la jachère, à la condition qu'elle soit réellement nettoyante et qu'elle laisse le sol dans un parfait état pour les semailles. Les légumineuses sont à préférer en raison de leur qualité de plantes améliorantes. Deux sont surtout bien adaptées à notre climat et donnent un produit rémunérateur; la fève et le pois chiche.

La *Fève* se sème à l'automne sur préparation d'été de la sole ayant porté le Blé. Sa culture n'est pas sans inconvénients : époque de semailles coïncidant avec celle des céréales; risque d'invasion par les pucerons dont les dégâts peuvent aller jusqu'à la perte totale de la récolte ou par le ver des tiges *Mamestra pisella*, qui semble faire des progrès depuis quelques années et qui détruit un nombre plus ou moins grand de pieds; sans compter d'autres affections, de nature encore indéterminée, sévissant avec gravité certaines années pour disparaître ensuite; binages nécessitant une importante main-d'œuvre; récolte à la main, battage mécanique difficile, mais réalisable. La principale limite à l'extension de cette culture est le manque de main-d'œuvre. Le semis en lignes, à grands écartements (2^m) avec labour des intervalles à la charrue, semble être un palliatif sérieux à cet inconvénient et il a en outre l'avantage de constituer une excellente préparation du sol pour le Blé qui suit la légumineuse.

Le *Pois chiche*, semé fin février-début de mars, permet une préparation antérieure complète du sol, pendant l'hiver. Il occupe la jachère quelques mois seulement et se récolte après les céréales. Pendant cette période, la poussée des mauvaises herbes est très réduite, ce qui simplifie les travaux d'entretien, qui peuvent se réduire à des labours légers, entre les lignes suffisamment écartées. La récolte et le battage mécaniques sont plus faciles à réaliser que pour la fève. Enfin, la préparation du sol peut être reprise après la récolte (juillet).

Peu de parasites attaquent le pois chiche, sans doute en raison de la saison sèche pendant laquelle il se développe. Seule l'anthracnose (*Phyllosticta Rabiei*, Pass.) cause, dans le Nord de l'Afrique, quelques dégâts, d'ailleurs rares et jamais très importants. Le pois chiche présente donc des avantages culturaux très sérieux et il n'a pas, dans les exploitations européennes, toute l'importance qu'il mériterait. Pour en obtenir le maximum de rendement économique, il conviendrait de sélectionner des variétés à très gros grains, telles qu'on les cultive en Espagne et en Oranie, dont le prix de vente est très supérieur à celui de la marchandise courante et mélangée.

Il faut toutefois remarquer que le pois chiche est très riche en acide phosphorique, qu'il convient de lui fournir directement une fumure phosphatée plutôt que d'augmenter seulement la dose pour le Blé qui suivra.

En raison de la petite masse de végétation qu'il forme, le pois chiche est beaucoup moins avide d'eau que la fève et conviendrait mieux qu'elle à l'utilisation de tout ou partie des jachères dans les régions peu pluvieuses où l'on pratique actuellement l'assolement Blé-jachère.

L'assolement biennal strictement observé, avec jachère nue très bien travaillée, grève la récolte de deux années de frais. Le prix actuel des terres, la baisse des produits agricoles non compensée par une baisse parallèle des machines, des engrais, des combustibles, lubrifiants, etc., diminuent de plus en plus la marge de bénéfice dans les exploitations qui suivent cet assolement. *Il doit cependant être considéré comme indispensable dans la plus grande partie des terres récemment mises en culture.* Pour apprécier exactement les conséquences de son application, il importe de ne pas perdre de vue que *cet assolement ne produit pas ses bons effets dès la première rotation, mais que ces effets s'accumulent peu à peu* (voir plus loin : Travaux de préparation du sol). *Il constitue un moyen, le seul dont l'efficacité se soit révélée certaine jusqu'ici, de vivifier les terres nouvellement mises en culture*, dans les régions recevant de 300 à 500^{mm} de pluie. L'accroissement constant des rendements suffit à le justifier, même si les frais qu'il occasionne ne laissent, les premières années de son application, qu'un bénéfice très réduit. Il faut bien se rendre compte que la bonification progressive du fonds est une valeur réelle, non immédiatement réalisable, mais qui prépare l'avenir.

On ne saurait trop mettre en garde les agriculteurs récemment installés sur des terres neuves contre la tentation de répéter une culture de Blé sur une terre qui vient de donner une mauvaise récolte, sous prétexte que cette récolte déficitaire n'a pas épuisé le sol. Ce raisonnement pèche par la base, une telle opération revient à chercher une deuxième fois de l'argent dans un portefeuille vide. Si la terre n'a rien donné, c'est que sa fertilisation était insuffisante. Une seconde récolte sera aussi mauvaise que la première, à moins qu'une pluviométrie extraordinairement favorable ne vienne contrebalancer la préparation insuffisante. Compter sur semblable chance, c'est du jeu et non de l'agriculture. C'est le plus souvent retarder d'une année et même de deux la mise en état de la terre.

La répétition des cultures de céréales : Blé sur Blé, Orge ou Avoine sur Blé, ne peut être envisagée, avec quelques chances de succès, que lorsque l'état de fertilité du sol entraîne la verse.

3. Assolement triennal

Un agriculteur des plus notoires, M. Martinier, a déclaré (Journée des Céréales à la Semaine Agricole de Tunis, avril 1928) obtenir un rendement plus élevé en argent, dans une région à pluviométrie moyenne de 400mm, par la substitution à l'assolement biennal de l'assolement suivant :

1re année : sur labours peu profonds, fèves avec engrais abondant après la récolte, gros labour et très nombreuses façons superficielles d'été et d'automne.

2e année : Blé dur avec engrais, incinération rapide des chaumes, labours légers et nombreuses façons superficielles.

3e année: Blé tendre, avec engrais, puis même préparation que pour les fèves.

De l'avis même de cet agriculteur, qui a été conduit à étendre progressivement cet assolement à des milliers d'hectares, *semblable méthode n'est à conseiller que dans les terres déjà bonifiées par la jachère de l'assolement biennal appliqué strictement pendant de nombreuses années, à la condition que ces terres soient assez légères pour permettre d'effectuer des labours d'été sans grosses mottes et de disposer de puissants moyens de culture pour obtenir un ameublissement d'été rapide et parfait.*

La nature du sol influe beaucoup sur les possibilités de répétition des cultures de céréales. Les terres de coteaux, légères, très perméables, qui se ressuient et se réchauffent facilement, se prêtent beaucoup mieux à cette production intensive que des terres, même plus riches, fortes, situées en plaine. Il est probable que, dans ces dernières, la vie microbienne est arrêtée par l'abaissement de la température pendant l'hiver, et il faudrait probablement leur ajouter beaucoup d'engrais solubles pour leur permettre de donner une deuxième récolte normale.

La succession des céréales sur une même terre a pour effet de développer beaucoup la végétation adventice. Pour obvier à cet inconvénient, il y a lieu de retarder les semailles de la deuxième céréale jusqu'à ce qu'un labour exécuté après les pluies d'automne ait permis de détruire cette végétation.

En conséquence, il faut choisir, comme deuxième paille, des céréales à végétation rapide : Avoine, Orge précoce ou Blés tendres très précoces (Florence, Irakié, hybrides de Florence). Ces Blés tendres conviennent remarquablement bien pour cet emploi, car ils demandent à être semés dans la deuxième quinzaine de novembre, au plus tôt, pour être moins exposés à la rouille jaune et à la gelée.

L'assolement triennal suivi par M. MARTINIER est épuisant; il ne laisse à la terre aucune période de repos pendant qu'elle est suffisamment humide pour être le siège d'une vie microbienne active. La place faite aux légumineuses constitue un correctif d'une certaine valeur au point de vue de l'enrichissement en azote, *mais le corollaire obligatoire de l'adoption de cette méthode est l'application de fumures intensives apportant l'acide phosphorique et parfois la potasse nécessaires à l'élaboration de récoltes successives.*

Enfin, il est à craindre que, si plusieurs années sèches venaient à se succéder, l'insuffisance d'approvisionnement du sol en eau ne cause un arrêt de la végétation, qui peut compromettre plus ou moins complètement la culture.

La préparation parfaite des terres pendant l'été est possible actuellement grâce aux appareils de culture mécanique. Elle peut présenter un danger, lorsque l'ameublissement dépasse 12 à 25^{cm}, si l'automne et le début de l'hiver sont secs. Le manque de grosses pluies ne permet pas au sol de se tasser, il reste creux, les racines du Blé s'y développent mal, le tallage est nul et la culture reste chétive. Nous avons pu voir, pendant l'année agricole 1929-30, un insuccès de ce genre qui ne pouvait guère trouver d'autre explication.

Nous ne saurions trop répéter, d'accord avec M. MARTINIER, que cet assolement ne peut être appliqué d'emblée à des terres récemment soumises à la culture européenne.

Il appartient aux exploitants de domaines bien cultivés depuis longtemps de se rendre compte, par l'expérience, de la possibilité pratique et économique d'adopter cet assolement. Il sera peut-être nécessaire d'y apporter quelque tempérament en intercalant la jachère travaillée après des périodes plus ou moins longues, si la baisse de la fertilité venait à se manifester.

Sans aller jusqu'à l'adoption complète de cet assolement, quelques agriculteurs avisés, lorsqu'ils constatent que leurs Blés sont exposés à verser dans certaines parcelles, remplacent de temps en temps la jachère, dans ces champs particulièrement fertiles, par une deuxième céréale ou par une culture de légumineuses.

Quelles que soient les réserves à faire au sujet de l'extension de l'assolement intensif, par suppression de la jachère (remplacée par une légumineuse) et répétition des cultures de céréales, les résultats obtenus par M. MARTINIER (avec 2 et même 3 ou 4 pailles successives) n'en attirent pas moins l'attention sur la possibilité d'accroître la production du sol, dans des régions à faible pluviométrie (400^{mm}). Il est éminemment souhaitable que cette méthode, exceptionnelle aujourd'hui, devienne la règle plus tard, grâce à un emploi méthodique

des engrais et des céréales précoces, à un travail raisonné, sur des terres précédemment bonifiées physiquement et chimiquement par la jachère.

4. Culture en bandes espacées

Au lieu de réserver à la jachère et à la céréale des soles distinctes, on peut alterner des bandes cultivées et des bandes d'égale largeur laissées nues et travaillées comme une jachère. C'est la culture en bandes espacées, préconisée par M. Bourdiol, agriculteur dans l'Oranie, expérimentée dans de nombreuses exploitations algériennes, très peu pratiquée en Tunisie.

La largeur des bandes est déterminée par deux ordres de considérations : pour la facilité des travaux dans la partie labourée, il faut un espace aussi grand que possible; mais comme il est nécessaire que la céréale puisse profiter des bienfaits du travail de ce sol en envoyant ses racines dans la partie travaillée, les bandes semées doivent être assez étroites. Comme on alterne chaque année la disposition des bandes, il est nécessaire de les faire d'égale largeur et on s'est arrêté à des largeurs variant de $0^m 80$ à $1^m 50$.

Dans les essais de ce mode de culture, nous avons toujours constaté que les bords de la bande semée profitent davantage que le centre des travaux effectués dans la bande en jachère. La céréale y est plus développée, y végète plus longtemps, ce qui provoque une maturité échelonnée, inconvénient de peu d'importance, sauf pour les variétés de Blé qui sont sujettes à l'égrenage.

Quand il s'agit de régions très sèches, de terres légères qui n'ont pas besoin de labours profonds, quand les travaux sont exécutés avec des animaux, cette méthode de culture a sa raison d'être, parce qu'elle fait profiter la céréale des bons effets de la jachère au moment même où ils sont produits, alors qu'on n'est pas sûr qu'ils se conserveront jusqu'à l'année suivante.

Dans les régions suffisamment humides, pour les exploitations ayant adopté la motoculture, la méthode des bandes espacées constitue une complication inutile. Elle ne s'accompagne plus d'une augmentation de rendements et s'oppose à l'exécution des labours profonds dont nous verrons plus loin l'utilité.

Si cette méthode intéresse peu d'exploitations européennes en Tunisie, elle paraît mériter d'être expérimentée par les Indigènes qui n'ont pas adopté la jachère avec préparation du sol. L'insuffisance de leurs rendements provient de deux causes essentielles : absence de préparation du sol, exécution trop tardive des semailles. Le semis en bandes de 1^m, avec intervalles libres d'égale largeur, peut être exécuté

facilement à la charrue arabe en semant sous raie. Le labour des intervalles, à la même charrue, pendant la croissance du Blé, constituerait pour ce dernier un travail d'entretien dont il profiterait beaucoup et il est probable que la récolte, sur la moitié ensemencée, serait supérieure à ce qu'elle est actuellement sur la surface entière. La préparation du sol, continuée après la récolte, permettrait de semer les intervalles l'année suivante, dès les premières pluies, autre cause très importante d'augmentation de rendement. Le seul inconvénient de cette méthode serait d'interdire le pâturage des chaumes pour éviter le tassement du labour et encore ne serait-il pas impossible dans les terres légères, à la condition de continuer les labours des bandes nues après la récolte.

Cette méthode nous paraît la seule amélioration de la culture du Blé réalisable chez les Indigènes avec leur matériel rudimentaire et sans bousculer leurs habitudes autrement que par l'exécution des travaux d'entretien sur les bandes. Il serait très désirable que des essais démonstratifs de culture en bandes puissent être tentés chez des agriculteurs indigènes de bonne volonté. Ces essais permettraient une mise au point des moyens d'exécution.

En résumé, le choix de l'assolement est régi par la pluviométrie et l'état de fertilité des terres résultant de leur mode d'exploitation antérieure. La jachère travaillée, répétée tous les deux ans, a permis d'accroître considérablement les rendements et de faire disparaître en grande partie les aléas dus à la sécheresse dans les régions à 400-500^{mm} de pluie. La répétition des cultures de céréales ne doit être envisagée que lorsque l'excès de fertilité engendre des risques de verse. Le remplacement de la jachère par une légumineuse dépend de l'approvisionnement du sol en eau. L'emploi rationnel des engrais permet d'envisager une exploitation plus intensive des terres ayant atteint un haut degré de fertilité. La culture en bandes, avec intervalles en jachère, est intéressante dans les régions très sèches et peut être envisagée comme amélioration de la culture indigène des céréales.

B. PREPARATION DU SOL

5. But

Les travaux de préparation du sol, avant les semailles, ont pour objet de lui donner la texture physique la plus propre à la germination et à l'enracinement du Blé, d'y accumuler une certaine provision d'eau et d'y maintenir le plus longtemps possible les conditions favorables à la vie microbienne et aux actions chimiques créatrices de la fertilité.

Dans les contrées humides (celles où l'on n'a que rarement à craindre la sécheresse), les pluies qui tombent pendant la période de végétation du Blé sont généralement suffisantes pour permettre son développement normal. Il n'en est pas de même dans les régions arides, où la plus grande partie des précipitations a lieu en automne et en hiver; le Blé y achève sa croissance et mûrit à une époque où les pluies sont rares et parfois absentes.

Tandis que, dans les premières, le travail du sol a surtout pour buts de le nettoyer, de l'ameublir et de l'aérer, *la principale préoccupation de l'agriculteur des régions arides est de faire pénétrer et de retenir dans ce sol la quantité d'eau nécessaire à sa vie et à celle des plantes qu'il devra nourrir.* Pour répondre à ces besoins, il s'est constitué toute une technique de l'*arido-culture*, connue sous le nom américain, moins exact, mais universellement adopté, de *dry farming* (culture sèche).

La hauteur totale et la distribution des pluies étant des plus irrégulières, la nature du sol ayant une grande influence sur ses propriétés à l'égard de l'eau, la préparation du sol doit s'adapter à ces particularités. Il n'est donc pas possible d'arrêter une méthode *ne varietur*, il faut se contenter de formuler des principes directeurs permettant une application raisonnée des diverses opérations culturales et l'esprit d'observation de l'agriculteur doit être sans cesse en éveil pour en contrôler les effets et approprier la technique aux conditions du moment.

6. Eléments constitutifs du sol en place

Le sol est constitué par des particules solides de dimensions très variables, les unes très fines, à peine visibles et même invisibles au microscope (argile), d'autres de dimensions encore très petites (sable), d'autres formant les graviers et cailloux. Les petites particules élémentaires sont réunies en agrégats plus ou moins volumineux. Cet état de division et d'agrégation laisse des lacunes qui sont occupées par l'eau et par l'air. Les proportions respectives des matières solides et des lacunes varient suivant le degré de finesse des éléments constitutifs; en général, elles représentent à peu près chacune la moitié du volume du sol.

Des déterminations directes, par une méthode qu'il est inutile de rappeler ici, ont donné, pour des terres argilo-calcaires fortes, du domaine de l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis, les résultats inscrits au tableau 21 (Bœuf et Tourniéroux, 1905).

Ces chiffres, qui correspondent à ceux donnés pour les sols des régions arides des E.-U. d'Amérique, montrent que les lacunes occu-

TABLEAU 21. — **Eléments constitutifs d'un décimètre cube de sol en place** (8 juillet)

SOLS	COUCHE DE TERRE	EN POIDS		EN VOLUME				DENSITÉ de la terre sèche
		TERRE SÈCHE	EAU	Terre sèche	Lacunes			
					EAU	AIR	Total	
I Inculte depuis 3 ans; avant, culture arabe	0, à 0,125	1364.2	52,8	59.9	5,3	34,8	40,1	2.274
	0,125 à 0,250	1314,8	88,2	53.7	8,8	37,5	46,3	2.360
	0,250 à 0,500	1529,9	132,3	60,5	13,2	26,3	39,5	2.528
	0,500 à 0,750	1525,6	137,4	59,5	13,7	26,8	40,5	2.565
II Un labour d'été après récolte de blé	0, à 0,125	1280	47	63,9	4,7	31,4	36,1	2.375
	0,125 à 0,250	1298,5	86,5	56	8,6	35,4	44,0	2.343
	0,250 à 0,500	1441,3	109,7	58,2	11	30,8	41,8	2.473
	0,500 à 0,750	1445,1	115,9	57,9	11,6	30,5	42,1	2.427
III sol défoncé à 0,60 depuis 5 ans	0, à 0,125	1191,3	114,7	48,2	11,5	40,3	51,8	2.591
	0,125 à 0,250	1317,7	146,3	52,6	14,6	32,8	47,4	2.507
	0,250 à 0,500	1296,3	168,7	49,9	16,9	33,2	50,1	2.594
	0,500 à 0,750	1414,6	208,4	53	20,8	26,2	47,0	2.669
IV sol défoncé à 0,60 depuis 3 ans	0, à 0,125	1327	98	54,1	9,8	36,1	45,9	2.453
	0,125 à 0,250	1270	170	50,1	17	32,9	49,9	2.529
	0,250 à 0,500	1099,6	165,8	42,6	16,6	40,8	57,4	2.579
	0,500 à 0,750	1192,6	201,4	44,6	20,1	35,3	55,4	2.679

peut, même dans un sol laissé inculte, de 40 à 46 % du volume total, avec de faibles différences jusqu'à 0m 75 de profondeur, que le défoncement à 50-60cm, exécuté depuis quelques années, augmente assez peu ce volume. Les lacunes sont beaucoup plus importantes que le volume d'eau que la terre absorbe et l'effet de l'ameublissement profond d'un sol n'est pas d'augmenter sa capacité pour l'eau, mais sa porosité et sa perméabilité.

La quantité d'eau qui peut être maintenue en équilibre dans un sol, par l'action des forces moléculaires et de la capillarité, dépend en effet, nous l'avons vu, de la finesse des éléments constitutifs de ce sol. Les grandes lacunes ne peuvent conserver l'eau; les fragments volumineux comme le gros sable, les pierres, n'en retiennent qu'une quantité insignifiante par rapport à leur poids. Il en résulte que les meilleurs sols à *dry farming* sont ceux à éléments fins sans toutefois que l'argile y soit en trop grande proportion, à structure uniforme sur plusieurs mètres de profondeur.

L'existence, à une faible profondeur, d'une couche graveleuse interrompt fâcheusement l'équilibre normal de l'eau dans le sol et constitue une zone peu humide, drainant l'eau de la partie supérieure et ne la gardant pas.

Une couche plus ou moins imperméable d'argile ou de tuf ralentit la pénétration de la pluie, maintient au-dessus d'elle une humidité exagérée qui peut être nuisible en hiver et à laquelle succède une dessiccation prononcée pendant l'été en raison de la proximité de la surface.

Le détuffage des terres, en Tunisie, transforme souvent en terre très fertile un sol qui ne portait qu'une végétation naturelle rabougrie, en supprimant l'obstacle à la pénétration et à une bonne répartition de l'eau.

7. Constitution de l'approvisionnement du sol en eau

Dans la plupart des régions arides, la première nappe d'eau souterraine est à trop grande profondeur pour avoir une action sur l'humidité de la couche de 2 à 3 mètres d'épaisseur qui nourrit les récoltes annuelles. C'est donc uniquement la pluie qui fournit cette humidité.

a) Ruissellement. — Les premières pluies, qui surviennent en septembre ou en octobre, sont généralement des pluies d'orage, souvent torrentielles. Elles tombent pendant un temps trop court pour pénétrer complètement dans le sol. Cette pénétration est retardée par deux causes : l'état de dessiccation du sol sur une certaine profondeur interrompt la pression hydrostatique et l'eau chemine lentement dans

les lacunes du sol en chassant l'air; les particules de terre sèche sont revêtues d'une mince pellicule d'enduit un peu cireux, de nature humique, qui les rend difficilement mouillables, ainsi qu'on s'en rend compte en jetant de la poussière fine sur l'eau.

Ces difficultés passagères risquent de provoquer le ruissellement de l'eau à la surface du sol, s'il est en pente. Chacun sait combien vite les pluies torrentielles d'automne remplissent les oueds d'une eau parfois dévastatrice; le décapage et même le ravinement des jachères situées en coteaux sont aussi des accidents fréquents.

Il n'est pas possible de supprimer le ruissellement des pluies torrentielles, mais on peut le réduire en labourant les pentes suivant les courbes de niveau, ce qui est d'ailleurs la règle pour des raisons de facilité d'exécution du travail, et en évitant de niveler la surface par la herse lors des dernières façons d'été.

b) Pénétration de la pluie. — Nous avons indiqué, dans un précédent chapitre, le mécanisme du mouvement descendant de l'eau liquide à travers le sol et sa répartition en eau de pellicule, eau de capillarité et eau de gravitation jusqu'à ce qu'un état d'équilibre soit atteint par la disparition de l'eau soumise à la pesanteur.

La profondeur à laquelle l'eau de pluie descend dans les sols profonds des régions arides dépend de l'importance de la pluie et de l'approvisionnement du sol en eau lorsque survient la pluie; en réalité, de l'état d'équilibre existant.

Les pluies importantes, tombant sur un sol très pauvre en eau, se répartissent de manière à remplir les espaces capillaires et c'est le surplus seulement qui peut descendre dans les grandes lacunes du sol, entraîné par la pesanteur.

Si l'eau tombe sur un sol déjà humide, dont les affinités capillaires pour l'eau sont partiellement satisfaites, il suffit d'une petite pluie pour modifier l'état d'équilibre à une assez grande profondeur. Les travaux américains ont montré qu'une chute d'eau de $3^{mm}5$ a modifié l'humidité du sol jusqu'à 60^{cm}, après 3 heures, que l'effet d'une chute de pluie de $20^{mm}5$ agit dans le même temps jusqu'à 90^{cm}.

Des déterminations faites aux Etats-Unis, dans les sondages à 3^{m} de profondeur, montrent que l'humidité, à cette profondeur, est plus grande à la fin qu'au commencement de la période des pluies.

On comprend toute *l'importance de la conservation de l'humidité dans les sols arides* par des façons culturales appropriées. Tandis que, dans un sol sec, une pluie de 10 à 20^{mm} ne mouille guère que 10 à 20^{cm} du sol et disparaît rapidement par évaporation, la même pluie, tombant sur un sol déjà humide, refoule en quelque sorte de 10 à 20^{cm}

de profondeur toute la masse d'eau qu'il contient et échappe à l'évaporation.

Maintenir l'humidité du sol pendant l'été, c'est donc faciliter la pénétration profonde de la pluie tombant en automne et en hiver, sa descente s'effectuant facilement, sous l'influence de la pression hydrostatique, dans un sol humide et difficilement à travers un sol desséché.

c) Capacité du sol pour l'eau. — Elle peut être évaluée, d'après nos déterminations, qui concordent avec celles des expérimentateurs américains, à 15-16 % du poids de terre sèche. La densité moyenne des particules terreuses étant d'environ 2,5, leur volume étant d'environ 50 % du volume du sol, un décimètre cube de ce dernier comprend 1.250 gr. de terre sèche et peut emmagasiner

$$\frac{1250 \text{ gr.} \times 16}{100} = 200 \text{ gr. d'eau}$$

Pour retenir 400^{mm} de pluie annuelle, il suffit d'une couche de terre de 2 mètres d'épaisseur. Nous verrons que cet approvisionnement est beaucoup plus considérable que la quantité d'eau nécessaire à la production d'une grosse récolte de Blé.

Ajoutons que cette eau, tombant sur un sol contenant déjà une certaine proportion d'eau, est suffisante pour mouiller une couche de beaucoup plus de 2 mètres d'épaisseur et qu'elle descend en réalité à une profondeur de plusieurs mètres.

Un dosage d'humidité, au 10 octobre 1930, dans un sol non cultivé, au Service Botanique (fouille pour fondations), a révélé les quantités d'eau suivantes :

de 0 à 95^{cm}, sol brun 11,3 %;
de 95 à 150, sol noir foncé 16,5 %;
de 150 à 2 mètres, sol calcaire jaune 9,1 %.

Ces trois couches, de natures franchement différentes, ont retenu, à la fin de l'été, des quantités d'eau très variables en rapport avec leurs états particuliers. On comprend que la distribution de l'humidité dans ce sol, après la période des pluies, sera également en rapport avec les capacités respectives pour l'eau des divers horizons qui le constituent.

Des déterminations nombreuses, faites en Amérique, dans des sols arides ayant reçu de 200 à 400^{mm} de pluie pendant la période hivernale et printanière, montrent que ces sols contiennent, dans la couche de 2^{m} 50 d'épaisseur, au milieu d'avril, une quantité d'eau équivalant

à 60 à 95 % de ces précipitations, suivant l'état d'humidité de ces sols à l'automne précédent.

Il n'y a donc aucune difficulté à faire pénétrer l'eau dans le sol. Il faut savoir l'y conserver. *La réserve d'eau constituée dans le sous-sol par une préparation rationnelle de la surface s'accroît d'année en année.* Tous les agriculteurs qui pratiquent depuis longtemps la jachère ont pu le constater. A défaut de chiffres obtenus en Tunisie, voici des résultats constatés aux Etats-Unis (station de l'Utah) après quatre années de « dry farming ».

Humidité moyenne sur 2^m 50 de profondeur à la fin du printemps :

	1904	1905	1906	1907
		%	%	%
Sol argilo-limoneux.....	mise en culture	6,59	13,1	14,75
Sol très sableux.....	à l'automne	5,63	11,41	15,49

C'est là l'explication de l'accumulation des effets de la bonne préparation des sols et de l'augmentation de la fertilité des sols arides soumis à la jachère biennale dont nous avons parlé plus haut. Cette jachère enrichit progressivement le sol en eau, elle augmente la profondeur de la couche humide dans laquelle peuvent puiser les racines. Ses effets sont peu sensibles la première année, mais ils arrivent à tripler, en trois ans, la valeur agricole du sol. Que les agriculteurs, débutant sur un sol jusque-là mal cultivé ou non défriché, se pénètrent bien de ces constatations; ils ne seront plus tentés de retarder la mise en valeur de leurs terres par de la mauvaise culture ou par des récoltes successives sur un sol dans lequel ils n'ont pas encore constitué une réserve suffisante d'humidité. Doubler la profondeur du sol utilisable par les plantes, assurer à ces dernières la réserve d'eau qui leur est nécessaire est une opération dont le résultat financier est beaucoup plus certain que celui que l'on peut obtenir en doublant la surface ensemencée sur un sol insuffisamment pourvu d'eau.

Augmenter progressivement la réserve d'eau contenue dans le sous-sol et le volume de la terre maintenue humide est l'un des problèmes fondamentaux que doit résoudre le « dry farming ».

8. Conservation de l'eau dans le sol

L'eau qui échappe à l'action de la pesanteur, c'est-à-dire l'eau de pellicule et l'eau de capillarité, constitue la réserve d'humidité destinée à l'entretien de la végétation, déduction faite de celle qui disparaît par évaporation. Il y a donc lieu d'examiner successivement ces deux causes d'appauvrissement du sol en eau.

a) Evaporation par le sol. — L'évaporation de l'eau se produit à sa surface de contact avec l'air.

Un réservoir *d'eau libre*, placé dans un espace clos, émet de la vapeur jusqu'à ce que l'espace soit saturé de vapeur, c'est-à-dire jusqu'à ce que la tension de vapeur d'eau dans cet espace, contenant ou non de l'air, ait atteint sa valeur maxima F pour la température de l'eau. Plus la température de l'eau est élevée, plus cette eau émet un poids élevé de vapeur.

Si l'espace clos dans lequel se trouve cette eau contient déjà de la vapeur d'eau à la pression f, la vitesse d'évaporation est proportionnelle, toutes autres conditions égales, à F-f. La valeur de f augmente progressivement jusqu'à atteindre la valeur de F et l'évaporation cesse.

Dans la nature, l'eau ne se trouvant pas en espace clos, un autre facteur intervient. Par temps calme, la tension de la vapeur dans l'air tend à devenir maximum au contact de l'eau, cette vapeur se diffusant lentement dans l'atmosphère, l'évaporation est très ralentie. Mais, généralement, l'air atmosphérique n'est pas immobile; il s'échauffe dans la journée au contact du sol, s'élève, et il se produit ainsi un courant ascendant; le vent produit également des déplacements dans le sens horizontal. Les couches d'air au contact de l'eau sont constamment renouvelées, ne peuvent se saturer et l'évaporation se continue sans arrêt. Sa vitesse est alors proportionnelle à :

$$C\,(F-f)$$

c étant un coefficient d'accélération dû à l'influence du vent.

L'évaporation est donc d'autant plus rapide : que F est plus grand, c'est-à-dire que la température de l'eau est plus élevée; que f est plus petit, c'est-à-dire que l'air est plus sec; que C est plus grand, c'est-à-dire que le déplacement de l'air est plus rapide.

On comprend que dans les régions arides, où la température est élevée pendant une grande partie de l'année, lorsque l'éloignement de la mer ou de grandes masses d'eau rend l'atmosphère très sèche, et lorsque les vents sont fréquents, l'évaporation doit être considérable. Elle arrive à représenter plusieurs fois la quantité d'eau qui tombe à l'état de pluie; le rapport entre les pertes par évaporation d'une surface d'eau libre et la hauteur des pluies constitue un excellent indice d'aridité.

Il est assez difficile de mesurer, avec quelque exactitude, l'évaporation d'une surface d'eau libre. Il faut disposer d'une assez grande masse d'eau (un grand réservoir ou une pièce d'eau, d'environ 2^m de profondeur), y faire flotter un récipient, allégé par du liège, dans

lequel l'eau qui s'évapore est remplacée chaque jour en même temps qu'on mesure la quantité d'eau ajoutée.

Un tel dispositif nous a donné, au Service Botanique, les résultats ci-dessous :

	Evaporation en mm. 1927						Evaporation en mm. 1928						
Mois.	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	Année
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	292	310	227	124	125	83	117	116	98	150	159	265	2066

Malgré la proximité de la mer, qui fait que l'humidité de l'air (f) est assez élevée, l'évaporation d'une surface d'eau libre s'élève donc en moyenne à plus de 2 mètres par an, soit cinq fois la quantité de pluie. A l'Observatoire du Caire, on a trouvé 2^{m} 35 d'évaporation pour l'année 1887-88. La valeur de ce rapport s'accroît certainement beaucoup à mesure que l'on s'éloigne de la mer vers le Centre et le Sud du pays et l'on peut dire que partout où il tombe moins de 600 à 700^{mm} d'eau, en Tunisie, on trouve les conditions plus ou moins accusées de la culture en région aride.

L'eau du sol s'évapore-t-elle avec la même rapidité que l'eau libre ? Nous avons vu que, dès que l'humidité hygroscopique du sol atteint sa valeur maximum, c'est-à-dire dès que les particules du sol sont entourées d'une couche monomoléculaire complète d'eau, ce qui représente une humidité de 7 % environ dans de la terre noire humifère (tchernozem), 3 % dans un sol gris (podzol), 0,40 % dans du sable, la tension de la vapeur d'eau dans l'air du sol est maximum; cette constatation expérimentale indique qu'à partir de cet état d'humidité l'eau du sol se comporte comme de l'eau libre.

Pendant la saison humide, le sol doit donc émettre à peu près la même quantité de vapeur qu'une égale surface d'eau libre.

Quand l'élévation de la température accélère l'évaporation, la couche superficielle du sol ne tarde pas à perdre son eau plus vite qu'elle ne peut en emprunter aux couches plus profondes. L'eau de capillarité disparaît d'abord et nous savons qu'elle ne s'élève pas dans le système d'espaces capillaires du sol sans communication avec une couche aquifère.

L'eau de pellicule se transmet de particule à particule, aux points de contact, mais assez lentement. Il en résulte que la partie superficielle du sol, sur quelques centimètres d'épaisseur, ne tarde pas à prendre un état de dessiccation tel que l'eau de pellicule disparaît et

que l'humidité hygroscopique n'est plus à son maximum. A partir de ce moment, le sol est recouvert d'une couche pulvérulente, à très faible humidité, le mulch des Américains, sorte d'écran protecteur qui empêche l'action directe des rayons solaires sur la terre sous-jacente, qui devient difficilement mouillable par l'eau de cette dernière et qui perd très peu d'eau par lui-même en raison de sa très faible humidité. Plus grand est l'ameublement de cette couche, moins nombreux sont les points de contact entre les particules terreuses, plus celles-ci sont sèches et plus difficilement elles absorbent l'humidité souterraine.

On comprend toute l'importance des façons superficielles répétées, pendant l'été et l'automne, pour entretenir la couche de mulch, dont l'épaisseur doit être, d'après les Américains, de 10 à 15^{cm}.

L'ameublissement de cette couche n'est utile qu'à partir du début de la saison chaude, c'est-à-dire de bonne heure au printemps; un retard de quelques semaines à cette époque peut réduire considérablement l'approvisionnement du sol en eau. Un sol humide évapore beaucoup plus qu'un sol déjà partiellement desséché et perd rapidement une partie importante de son eau, si les conditions deviennent favorables à l'évaporation. On ne saurait trop insister sur l'importance de cet ameublissement en temps opportun. Il doit être obligatoirement renouvelé après chaque pluie d'été et d'automne, car ces pluies, rétablissant le contact entre les particules de toute la masse de terre, font disparaître l'action bienfaisante du mulch. Si un émiettement de la surface n'intervient pas aussitôt que possible après une pluie, pendant la saison chaude, l'eau tombée est rapidement évaporée et la déperdition d'humidité continue aux dépens des couches profondes.

Au point de vue du « dry farming », les pluies d'été sont défavorables.

Les sols non travaillés des régions arides forment naturellement une couche de mulch généralement insuffisante pour prévenir la dessiccation du sol jusqu'à 1^{m} 50 à 2^{m}. Ce mulch naturel se forme plus facilement dans les sols calcaires que dans ceux qui sont argileux ou sableux. Ces deux dernières natures de sols ont besoin de plus de travaux d'ameublissement lorsqu'ils sont en jachère.

Nous avons vu précédemment le rôle du mulch dans la fixation de la vapeur d'eau atmosphérique et son effet sur la régularisation et l'abaissement de la température du sol.

On estime que les travaux suffisamment fréquents d'ameublissement superficiel du sol, dans les régions arides, réduisent de 50 et même 60 % la perte d'eau par évaporation au cours de la saison chaude.

b) Evaporation par les plantes. — Les plantes émettent dans l'atmosphère une certaine quantité de vapeur d'eau, libérée surtout par les feuilles. Ce phénomène, appelé transpiration, n'est pas une fonction dont l'intensité est proportionnelle à l'activité de végétation, car une plante placée dans une atmosphère saturée d'humidité évapore très peu et n'en croît pas moins rapidement. C'est un mal nécessaire, parce que les échanges gazeux d'oxygène et d'acide carbonique avec l'atmosphère ne peuvent se faire qu'à travers des tissus humides et ils entraînent avec eux de la vapeur d'eau. La transpiration est accrue par l'élévation de la température de la plante (déterminée par les calories reçues par rayonnement solaire), par le vent, par la siccité de l'air, au même titre que l'évaporation de l'eau libre et de l'eau du sol. En Tunisie, ces facteurs favorables à la transpiration prennent tous une grande valeur en raison du climat, et l'évaporation serait très intense si elle n'était pas un peu freinée par d'autres actions antagonistes, parmi lesquelles la concentration des liquides du sol.

Plus ce dernier fournit d'éléments solubles à l'eau qu'il renferme, moins l'évaporation par les plantes est active. *La bonne préparation du sol, qui libère des substances nutritives solubles, et l'emploi d'engrais limitent l'évaporation par les plantes.* La concentration des liquides internes de la plante sous l'influence de la sécheresse progressive joue le même rôle.

En dehors de ces moyens d'action sur le sol pour réduire la transpiration, *l'agriculteur doit aussi s'astreindre à faire disparaître la végétation adventice, aussi bien dans les jachères que dans les cultures. Il n'y a de hauts rendements que dans les cultures propres;* les mauvaises herbes gaspillent inutilement l'eau et les substances nutritives, dont elles sont souvent plus avides que les céréales.

Toutes ces considérations montrent qu'il est difficile d'estimer la quantité d'eau évaporée par le Blé pour fabriquer 1 kilog de matière sèche. Les chiffres obtenus par de nombreux expérimentateurs sont extrêmement variables, suivant les conditions dans lesquelles ils ont opéré et selon les variétés de Blé mises en expérience. Les Blés tendres précoces, à courte période végétative, à feuillage réduit, ont des besoins en eau très inférieurs à ceux des Blés durs, tardifs, à feuillage très développé.

Pour des Blés croissant dans une terre bien préparée et fertile, le chiffre de 500 kilogs d'eau évaporée par kilog de matière sèche élaborée est certainement un maximum. Une récolte de 20 quintaux de Blé, avec formation de 45 quintaux de paille à l'hectare, représente à peine 6.000 kilogs de matière sèche, exigeant 3.000 tonnes d'eau, soit 300^{mm} de pluie facilement emmagasinée dans le sol sur 1^{m} 50 de profondeur, à la fin de l'été, dans une jachère bien faite.

Il existe, dans un tel sol, assez d'eau pour assurer la récolte; il est vrai que toute cette eau n'est pas disponible pour les plantes, mais il faut y ajouter celle qui tombe pendant l'année de culture, celle qui provient de la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique. Aussi, à l'époque de la moisson, reste-t-il dans le sol un approvisionnement d'eau qui est loin d'être négligeable et qu'il importe de conserver par un déchaumage immédiat et l'ameublissement de la surface.

Au Service Botanique, on trouvait, en été 1929, les pourcentages suivants d'humidité :

		24 juillet	23 septembre	25 septembre
Terre ayant porté du blé	0 à 30 cm.	5,6	5,1	
	30 à 60	9,1	7,5	
	60 à 90	9,5	10,1	
Terre en jachère	0 à 30	8,3		10
	30 à 60	13,2		12,8
	60 à 90	14		14,4

On peut certainement admettre, en tenant compte de l'humidité de la terre jusqu'à 2 mètres de profondeur, que l'humidité moyenne du sol ayant porté le Blé est d'environ 8 %, celle de la jachère de 13 %. Pour satisfaire la capacité pour l'eau de ces sols, capacité estimée à environ 16 %, il suffit de 200^{mm} de pluie (entièrement absorbée) dans le premier cas, et de moins de 80^{mm} dans le second.

C'est dire qu'une deuxième récolte de céréales, succédant à la première, doit trouver un approvisionnement suffisant d'eau avec une pluviométrie normale de 366^{mm} et même avec moins, pendant sa végétation. *Si la question de l'eau était seule à intervenir pour permettre une récolte de céréale, il n'est pas douteux que, dans les terres soumises depuis plusieurs rotations à l'assolement biennal, il serait souvent possible de faire plusieurs pailles successives.* Il doit intervenir d'autres facteurs de rendement, relatifs aux éléments chimiques de fertilité; peut-on les faire apparaître par de multiples façons exécutées en été entre les deux cultures ? Est-il possible de les apporter par des engrais ? Ce sont des questions à résoudre expérimentalement et dont la solution peut être variable suivant la nature des terres. Les cultures successives de céréales effectuées par M. Martinier, et dont nous avons parlé au paragraphe des assolements, sont des plus instructives. Des Avoines en quatrième paille étaient très normales en 1930; elles furent suivies par un Blé tendre hâtif en 1930-31. Il y a là des inconnues dont l'étude peut aboutir à la modification de la technique culturale actuelle, à partir du moment où l'assolement

biennal, rigoureusement appliqué, a suffisamment pourvu d'eau le sol et le sous-sol.

Nous revenons ainsi au point d'interrogation que nous avons posé à propos des assolements.

9. Préparation de la sole destinée au Blé

Les terres à Blé (sauf quelques régions privilégiées du Nord de la Régence) se trouvent dans des contrées semi-arides ou arides, tant par la faible quantité de pluie que par la brièveté de la période pluvieuse et l'intensité de la sécheresse. La préparation du sol y acquiert une importance capitale, dont ne sauraient se douter les agriculteurs qui travaillent sous des climats plus tempérés et plus humides. Le dry farming a dû recourir à des méthodes spéciales pour assurer la productivité de terres que la culture indigène n'avait mis que très imparfaitement en valeur. Les colons nord-africains ont appliqué ces méthodes bien avant d'en connaître le nom étranger qui les concrétise et ils les ont poussées à un haut point de perfection dont il n'est que juste de leur faire honneur. Des progrès sont encore à réaliser, ils consistent beaucoup moins à innover qu'à généraliser les méthodes qui ont fait leurs preuves.

a) Préparation de la jachère. — A voir les céréales se dessécher sur pied faute de pluie, le colon ne pouvait tirer d'autre conclusion que la suivante : les précipitations annuelles étant insuffisantes, il faut ensemencer une année sur deux et appliquer au sol, pendant l'année de jachère, les façons culturales permettant d'y conserver l'humidité malgré les chaleurs torrides de l'été. De là est née la pratique de la jachère cultivée et celle des labours préparatoires effectués d'abord au printemps, puis en hiver et même, depuis quelques années, dès l'été précédent. L'évolution de la méthode dérive à la fois d'observations faites par les agriculteurs éclairés et de la transformation des moyens de travail réalisée par la culture mécanique.

Tant que l'on n'a disposé que d'attelages animaux, il n'était guère possible d'entreprendre des labours préparatoires de bonne heure. Après la moisson, la main-d'œuvre était employée, pendant des semaines et des mois, au transport des céréales et aux battages. Dans toutes les terres fortes, les labours devenaient impossibles; un déchaumage au polysoc écorchait à peine la terre; un labour profond à la brabant exigeait un matériel très résistant, des attelages puissants, et soulevait des mottes irréductibles avant les grandes pluies d'hiver. Il était souvent sage d'abandonner le sol à lui-même jusqu'à ce qu'une humidité naturelle permît un travail moins pénible.

La nécessité de procéder aux semailles dès les premières pluies et

même avant (vers le 20 octobre), lorsque les pluies sont tardives, la durée de ces semailles, qui s'étend parfois jusque vers la fin décembre, la période très pluvieuse qui se place généralement en janvier, retardaient l'exécution des gros labours préparatoires, malgré le grand désir des agriculteurs de les terminer le plus tôt possible.

Ces labours, effectués avec les plus gros modèles de brabants, constituaient une préparation plus ou moins bonne suivant la nature des terres, le degré d'humidité et d'enherbement: la nécessité de labourer de grandes surfaces les faisaient durer plusieurs semaines, et même plusieurs mois, et leur valeur s'en trouvait très inégale.

Un hersage, suivant de près le labour, détruisait les mottes, nivelait le sol, arrachait les herbes restées près de la surface, empêchait la dessiccation. Des façons superficielles aussi nombreuses que possible, exécutées pendant l'été, et, suivant l'état du sol, avec divers appareils : herses, polysocs, cultivateurs à dents vibrantes (canadiens, cult. Jean, etc...), pulvériseurs à disques, entretenaient la surface du sol parfaitement meuble et propre. La formule « ni motte, ni herbe » résumait le but à atteindre.

L'emploi des tracteurs, amorcé avant la guerre, devenu très général après, a heureusement donné à tous ces travaux une plus grande rapidité qui en a beaucoup accru l'efficacité, a permis de faire des labours plus réguliers et plus profonds, allant jusqu'à 35^{cm} dans certaines exploitations. Il permet aussi de raccourcir les semailles et de commencer les labours avant les grandes pluies d'hiver.

En outre, le tracteur fournit le moyen de multiplier les façons superficielles d'été, de maintenir les terres meubles et propres et par conséquent d'y conserver le maximum d'humidité. On reste émerveillé, le mot n'est pas trop fort, de trouver, à la fin de l'été, le sol assez imprégné d'humidité à 20 ou 25^{cm} de profondeur pour faire pâte dans la main. Il est facile d'en conclure que cette terre meuble, humide et chaude, est un milieu tout à fait propice au travail bactérien, élément précieux de solubilisation des matières minérales et organiques, de fixation d'azote atmosphérique, etc..., un incomparable lit pour la semence (le seed-bed des Américains).

La conservation de l'humidité dans le sous-sol peut même devenir un inconvénient. Certains agriculteurs ont constaté que les semences déposées dans la couche superficielle, paraissant sèche, trop longtemps avant les pluies (lorsque les pluies d'automne sont tardives), pourrissent parfois en si grand nombre qu'il est nécessaire de recommencer les semailles. Tout grain qui a pu germer est sauvé, il peut se dessécher et végéter à nouveau; mais ceux qui ne germent pas noircissent et deviennent déliquescents, comme sous l'influence d'une pourriture bactérienne. Le Blé dur serait plus sujet à cet accident que le Blé tendre, sans doute parce qu'il se fissure davantage au bat-

tage. Ces constatations, encore récentes, demandent à être précisées par des études expérimentales.

Il y a une autre ombre au tableau, c'est que le maintien de l'humidité est aussi très favorable au développement du chiendent (*Cynodon dactylon*), qui végète surtout pendant l'été et dont l'extension, loin d'être gênée par les multiples façons superficielles, semble s'accélérer avec leur répétition. Quelques plantes adventices d'été, annuelles, le faux indigo (*Chrysophora tinctoria*), la linaire laineuse (*Linaria lanigera*) et l'héliotrope d'Europe (*Heliotropia europea*), se développent aussi sur les jachères avec une intensité autrefois inconnue, vite enrayée toutefois par une façon en temps propice.

La folle avoine (*Avena sterilis*), cette plaie des cultures de céréales, a beaucoup diminué dans les terres soigneusement préparées. Les agriculteurs n'hésitent pas, pour lui donner le coup de grâce, à faire parcourir leurs jachères par des ouvriers, qui coupent à la sape les touffes qui ont été insuffisamment enfouies ou déracinées et qui, sans cette précaution, arrivent parfois à fructifier. Ce travail, peu coûteux, peut éviter une façon générale lorsque les pieds des mauvaises herbes sont suffisamment rares et disséminés [1].

Une autre innovation, l'emploi de la moissonneuse-batteuse, devenu presque aussi général que celui des tracteurs en Tunisie, a permis un nouveau perfectionnement de la préparation des terres. En supprimant le remassage des gerbes, la mise en moyettes (ou plutôt en meulons), les transports, la confection des meules et le battage de celles-ci, la récolte à la moissonneuse-batteuse a libéré, dès la fin de la moisson, les champs ainsi que le personnel dirigeant et ouvrier.

Le colon se résigne difficilement à laisser sa terre au repos; il lui est venu tout naturellement à l'esprit l'idée de commencer ses labours préparatoires aussitôt après la moisson. C'est le moment où les tracteurs circulent sans difficulté, sans tasser le sol.

Dans les terres assez légères, le labour s'exécute bien, sans faire de trop grosses mottes. Il n'y a pas grand inconvénient à les laisser tout l'été. La terre se dessèche entraînant la mort du chiendent; c'est même le seul moyen pratique de le détruire.

Dans les terres fortes, le travail est d'exécution plus difficile, surtout lorsqu'il est pratiqué pour la première fois. Les charrues, même les plus lourdes, qu'elles soient à socs ou à disques, tiennent mal dans la terre et le labour est irrégulier. Le sol se soulève en énormes mottes qui cuisent et durcissent au soleil pendant tout l'été. Il est inutile de penser à les réduire, aucun tracteur ne peut, pratiquement,

---

(1) La destruction des mauvaises herbes, dans les jachères ameublies, est rapidement exécutée par les « Rod Weeder », appareils à barre rotative se déplaçant à quelques centimètres de profondeur.

circuler sur ces labours, aucun outil ne peut économiquement briser ces mottes.

S'il survient, en septembre ou en octobre, de grosses pluies d'orage, les mottes fusent, se délitent et il devient possible d'entreprendre des façons superficielles qui nivellent le terrain. Ce nivellement, nécessaire à la bonne exécution des labours ultérieurs, reste toutefois difficile à réaliser parfaitement lorsque les labours ont atteint de 30 à 35^{cm} de profondeur. Certaines années, les pluies d'orage de fin d'été et du début de l'automne manquent ou sont trop peu abondantes pour déliter les mottes. La période des semailles arrive avant que les jachères ne puissent être nivelées; les pluies durent parfois assez longtemps, provoquant la poussée de l'herbe au milieu des mottes. L'agriculteur se trouve alors en présence d'un terrain enherbé dans lequel on ne peut faire circuler aisément ni faucheuse pour couper la végétation spontanée, ni charrue. L'herbe empêche d'ailleurs le terrain de se ressuyer et cette situation s'aggrave de jour en jour. Le précepte « ni motte, ni herbe » n'est pas suivi, la terre est « gâchée ».

Pour remédier à ces inconvénients, il faut, soit exécuter d'abord un léger déchaumage aussitôt après la moisson et le faire suivre d'un gros labour lorsque le sol a repris de l'humidité, soit remplacer les gros labours d'été par des scarifiages profonds qui disloquent la terre sans la retourner et laissent la surface à peu près nivelée. Cette méthode a été essayée et préconisée en Tunisie par l'un des agriculteurs qui ont le plus contribué à mettre au point la technique agricole dans la Régence, M. Cailloux (1928), dans son beau domaine du Khoudiat, à Souk-el-Khemis. Nous ne saurions mieux faire que de reproduire ici la partie essentielle de sa communication [1] à la Journée des Céréales à la Semaine Agricole de Tunis (avril 1928) :

« L'apparition de théories nouvelles concernant la vie microbienne « du sol et l'enrichissement en azote amène depuis quelques années « de nombreux expérimentateurs à préconiser le remplacement du « gros labour à la charrue par un scarifiage profond.

« Cette méthode de culture semble entrer dans la pratique et s'éten- « dre de plus en plus.

« Presque tous les nouveaux types de charrues allemandes desti- « nées à la traction mécanique sont prévues avec socs sous-soleurs, « et les constructeurs anglais et américains affirment que, depuis trois « à quatre ans, leur construction de grosses charrues est presque « entièrement abandonnée et remplacée par celle de gros scarifica- « teurs ou sous-soleurs.

---

(1) M. Cailloux : *La préparation des terres à céréales. Son évolution* (*La Tunisie Agricole*, 1928, p. 58).

« En Californie, d'où nous viennent les instruments que nous commençons à utiliser, les gros sous-soleurs ne sont plus employés pour « la préparation des terres à céréales; ils servent au défoncement des « terres destinées aux plantations arbustives et surtout à la destruction de la couche comprimée par le passage répété des socs de charrue dans les vergers et les vignobles.

« Quant aux céréalistes californiens, ils se contentent d'un scarificateur avec lequel ils s'efforcent de remplacer, par un travail à 30^{cm} « de profondeur, leur ancien labour à 20 centimètres.

« Nous avons voulu faire davantage et avons choisi le plus gros « modèle de sous-soleur pour l'exécution de notre travail d'été.

« Dans la plaine de Souk-el-Khemis, dans les domaines de Zaouem « et du Khoudiat, nous utilisons un sous-soleur à cinq dents écartées « de 45^{cm}. Cet appareil, traîné par un tracteur de 75 chevaux, peut « travailler les terres les plus fortes à 45^{cm} de profondeur à la vitesse « de 2 km. 500 à l'heure. La largeur utile est de 2^{m} 25, le rendement « est de 4 hectares en 10 heures et la consommation d'essence de « 60 litres à l'hectare.

« Il est bien préférable de travailler à une vitesse supérieure. Quelques essais effectués ce printemps à près de 4 km. à l'heure avec « des tracteurs de 50 chevaux à roues, attelés en tandem, m'ont semblé intéressants. Je compte utiliser ce dispositif et préparer cet été, « à l'aide de ces tracteurs, ou, à défaut, de 75 CV Holt démultipliés, « la presque totalité de ma jachère.

« Seules recevront un gros labour, à la charrue, quelques parcelles « incomplètement débarrassées du chiendent.

« Après cette première façon qui doit être terminée avant l'apparition des pluies d'automne, il y a lieu d'exécuter un croisement « superficiel pour détruire les mauvaises herbes, qui, n'étant pas « enterrées profondément, pointeront dans les quinze jours qui suivront la première chute d'eau suffisante. Ce travail a une très « grande importance; il devra être exécuté en quelques journées; de « grosses herses ou des cultivateurs canadiens suffiront alors à détruire une végétation qui, si elle n'était pas freinée dès le début, « serait très difficile à arrêter plus tard.

« De janvier à mars a lieu le premier recroisement sérieux de « 12-15^{cm} de profondeur. Suivant les circonstances, il est exécuté avec « des canadiens, des polysocs, ou polydisques. Ces derniers appareils, « nouvellement apparus en Tunisie, semblent intéressants. Un hersage complète toujours utilement ce travail.

« Un deuxième recroisement identique sera exécuté en avril-mai; « il y a intérêt à le retarder le plus possible pour détruire, dès leur « levée, les herbes d'été.

« Dans la quinzaine qui suivra, le sarclage à la main de la jachère « est à recommander; ce travail est peu coûteux : un homme muni « d'une sape fait facilement un hectare par jour. Il permet de sup- « primer les grosses plantes à racines pivotantes et les touffes de « folle avoine qui peuvent avoir échappé aux instruments.

« En été, enfin, une deuxième façon au polysoc pourra être néces- « saire dans certaines terres. Elle les débarrassera momentanément de « quelques plaques de chiendent qui gêneraient les semoirs en ligne.

« Si des pluies précoces, que nous ne souhaitons pas, surviennent « en septembre ou octobre, il est de toute nécessité de procéder à un « recroisement général dès la levée de l'herbe.

« Non seulement les terres qui doivent être ensemencées quelques « semaines plus tard, mais encore celles qui viennent d'être labou- « rées et scarifiées en été, doivent être recroisées le plus rapidement « possible. Le travail pourra être très superficiel, un coup de herse « suffit si l'herbe est prise de bonne heure; j'insiste sur la nécessité « qu'il y a, avec la méthode que je préconise, à disposer d'un maté- « riel très important d'appareils de recroisement léger : herses ou « cultivateurs canadiens.

« La superficie totale de la propriété doit pouvoir être hersée ou « scarifiée en une dizaine de jours.

« Avec cette méthode de préparation du sol, la récolte ne dépend « plus guère que de la réussite des semailles et d'une bonne ma- « turité.

« Je ne suis pas partisan des façons d'entretien (hersage ou roulage « de printemps), difficiles à exécuter en temps voulu et parfois dan- « gereuses. En ce qui me concerne, je les ai complètement aban- « données.

« Ces méthodes de culture ont donné déjà des résultats encoura- « geants :

« En 1922, avec 260^{mm} utiles, malgré une sécheresse totale à partir « du 23 février, et quatre journées successives de siroco violent en « fin d'avril, j'ai vu des Blés donner encore, dans les terres argileuses « profondes entièrement crevassées, des rendements moyens de 14 « quintaux à l'hectare.

« Avec une bonne maturité et 300^{mm} bien répartis, j'ai pu constater, « à plusieurs reprises et sur des parcelles de 100 hectares, des rende- « ments de 28 quintaux à l'hectare. Ce résultat, que nous n'aurions « pas jugé possible autrefois, provient surtout de l'application pen- « dant plus de vingt années d'un assolement biennal (jachère labou- « rée-Blé) toujours plus strictement observé.

« Pour pratiquer avec quelques chances de succès les méthodes de « culture de céréales que je viens de vous décrire, il faut pouvoir :

« Labourer la sole de jachère en 50 à 60 journées, si l'on choisit le « labour d'été;

« En 15 à 20 journées, si l'on conserve le labour d'hiver ou de prin- « temps précoce;

« Herser ou scarifier la totalité de la sole en 5 à 6 journées (disques, « polysocs, polydisques) et semer en 12 ou 15 journées.

« Inutile de dire que seule la traction mécanique permet d'atteindre « ce résultat.

« N'oublions pas que la rapidité d'exécution des façons culturales « est à la base de l'augmentation si considérable des rendements que « nous avons constatée depuis l'introduction du tracteur.

« Cette augmentation des rendements ne va pas sans élévation « parallèle très considérable des frais de culture.

« A mon avis, dans les régions à pluviométrie moyenne, comme la « nôtre, le résultat financier est toujours en faveur de la meilleure « et de la plus complète préparation du sol.

« Il me semble difficile d'aller beaucoup plus loin dans cette voie.

« L'utilisation des engrais et surtout la recherche de variétés nou- « velles de Blés précoces à gros rendement et à forte résistance à la « verse compléteront la préparation physique du sol et nous per- « mettront de tirer de notre terre tunisienne le maximum de profit. »

Il n'est pas encore possible de se rendre compte de la valeur des sous-solages, pratiqués depuis trop peu de temps. Ils ont certainement pour avantage de faciliter la pénétration profonde des pluies d'automne et d'hiver et de réduire le ruissellement sans présenter les défauts des gros labours qui retournent le sol et le laissent très motteux. On s'est demandé si les façons profondes étaient vraiment utiles. Les sols des régions arides étant généralement profonds, il n'y a pas d'inconvénient à retourner 30 à 35^{cm} d'épaisseur, ce qui est parfois dangereux dans les contrées humides. Ces gros travaux paraissent pouvoir être espacés quand le sous-sol a été bien approvisionné d'eau, mais ils apportent une contribution très efficace à la mise en valeur des terres neuves et sont nécessaires pour faire disparaître la couche de terre tassée qui se forme à la profondeur qu'atteignent les façons ordinaires. Les sous-solages sont plus efficaces que les labours pour rompre cette couche durcie et peu perméable.

En résumé, la préparation de la jachère pour Blé s'inspire, dans les régions de Tunisie recevant de 350 à 500^{mm} de pluie, des principes suivants commandés par les particularités du climat :

dans le courant de l'été qui suit la moisson, rompre la terre sur une profondeur aussi grande que possible, pour faciliter la pénétration

des pluies, souvent torrentielles, qui ont tendance à ruisseler, si le sol est en pente même légère, ou qui s'accumulent dans les dépressions;

pendant l'hiver, le printemps et l'été qui suivent, maintenir la terre meuble et exempte d'herbes par des façons superficielles appropriées.

Semer une terre parfaitement ameublie et ne pas hésiter à lui donner une façon supplémentaire, juste avant les semailles, si la pluie a colmaté la surface et provoqué un commencement de germination des graines de plantes adventices.

b) Préparation après une récolte. — Quand le Blé doit suivre une récolte (fève, pois chiche, fourrage, céréale), la préparation du sol ne porte plus que sur une période de quelques mois, pendant la saison chaude.

Si la région est humide (au-dessus de 600 à 700^{mm}), le sol conserve encore une dose importante d'humidité et la préparation se borne à un labour suivi de façons superficielles dont les buts essentiels sont l'ameublissement et le nettoyage du sol. L'agriculteur se trouve dans les mêmes conditions, ou à peu près, que celui des régions humides de France, avec cette différence que la température plus élevée de l'été et le peu d'importance des pluies pendant cette saison l'obligent à commencer ses travaux préparatoires le plus tôt possible, afin d'éviter le durcissement du sol.

Dans les régions semi-arides (400 à 600^{mm}) où l'assolement envisagé est possible dans les conditions exposées plus haut, la difficulté de réaliser une bonne préparation estivale du sol est plus grande; elle requiert, de la part de l'agriculteur, une grande attention et une technique un peu variable suivant la culture qui précède le Blé et la nature du sol.

Après une culture de fève ou de pois chiche, qui a été l'objet de binages ou de labours dans les interlignes, il n'est pas toujours nécessaire de donner un labour à la charrue. Si le terrain est suffisamment propre, le passage du pulvériseur à disques, du polydisque, du cultivateur à dents vibrantes, du scarificateur Killefer ou de tout autre instrument de culture superficielle, suffit à la préparation du sol; le nombre de façons dépend naturellement de l'état de la surface.

Si le Blé vient après un fourrage, le labour doit être donné aussitôt que possible après l'enlèvement de la récolte et même dès que la mise en meulons le permet; il est d'autant moins profond que la terre est plus sèche et il importe de pulvériser immédiatement le sol remué pour constituer le mulch protecteur.

Après une céréale, l'approvisionnement d'eau étant moindre et la saison plus avancée, il est encore plus urgent d'ameublir immédiate-

ment la surface et d'entretenir cet ameublissement par un nombre suffisant de passages au cours de l'été. Il ne semble pas qu'il y ait intérêt à dépasser 12 à 15^{cm} de profondeur, car on risque d'avoir des terres creuses dans lesquelles le Blé s'enracine mal si les pluies d'automne ne sont pas suffisamment abondantes pour rendre au sol sa cohésion.

La préparation scientifique du sol rend, en grande partie, l'agriculteur indépendant de la sécheresse, partout où les pluies atteignent 300^{mm}; elle a permis de conquérir à la culture d'immenses surfaces dans l'Ouest des Etats-Unis et du Canada, dans l'Afrique du Sud, en Australie. Les résultats en Afrique du Nord (oliviers du Sud, céréales du Centre et du Nord) sont une preuve locale de la puissance créatrice de cette technique; mais il faut l'appliquer judicieusement, de façon continue; ses effets s'accumulent, les négligences et les erreurs ont également des effets prolongés. Il faut que les colons débutants se pénètrent bien de l'idée qu'elle constitue une assurance contre la sécheresse, et une absolue nécessité pour exploiter avec succès les terres des régions arides.

Cette préparation méthodique du sol permet de ne pas faire de l'agriculture une loterie, de ne pas attendre pendant des années la bonne année, pendant des semaines et des mois la pluie. Nous pouvons beaucoup mieux nous garantir contre les risques de la sécheresse que contre les dommages causés par l'excès d'humidité. Le Blé est d'ailleurs très résistant; il suffit quelquefois de le mettre à même de tenir quelques jours de plus pour sauver la récolte ou doubler le rendement.

C. FERTILISATION DU SOL

10. Conditions de fertilité. Effets des façons culturales

Pour être propre à nourrir des plantes, un sol doit remplir diverses conditions :

présenter une certaine constitution physique, résultant de l'état de division des particules minérales et des substances organiques qui le composent, ainsi que du mélange, en proportions convenables, de ces éléments (cailloux et graviers, sable, limon, argile, calcaire, matière organique et humus);

contenir, à l'état assimilable, c'est-à-dire soluble, une quantité suffisante des aliments minéraux que les plantes prélèvent dans le sol (azote, acide phosphorique, potasse, chaux, magnésie, etc...);

être dépourvu de substances toxiques pour les végétaux (acides

libres, chlorure de sodium, carbonate de soude, etc...) et présenter une réaction voisine de la neutralité;

conserver un état d'humidité permettant l'alimentation des plantes en eau et substances dissoutes, sans entraver l'aération du sol.

Nous pouvons donc définir la fertilité : l'état d'un sol qui, par sa constitution physique et chimique, ainsi que par ses propriétés biologiques, est capable de fournir aux plantes de l'eau et des éléments minéraux en rapport avec leurs exigences.

Par les travaux de culture et l'emploi d'engrais, l'agriculteur contribue pour une bonne part au développement et à la conservation de la fertilité du sol.

Nous avons indiqué, en parlant des sols, l'appropriation des différentes natures de terres à la culture du Blé et signalé que cette céréale s'accommode des terres les plus diverses quant à leur constitution physique, pourvu qu'elle y trouve les éléments chimiques nécessaires à sa croissance et qu'une judicieuse préparation du sol assure son approvisionnement en eau et son aération.

Le rôle nutritif de chacun des aliments de la plante a fait l'objet de nombreuses études. Il est toujours difficile à préciser parce que l'insuffisance et parfois l'excès d'un élément entraîne une mauvaise utilisation des autres.

Les besoins du Blé en *eau* sont très variables suivant les périodes de sa végétation (voir le chapitre Morphologie et Physiologie du Blé). Plus l'humidité se rapproche de l'optimum correspondant à chacune de ces périodes, plus le développement général est accentué et harmonieux. L'insuffisance d'eau réduit la taille des organes végétatifs, le nombre des grains et leurs poids; un excès détermine un développement exagéré des tiges et des feuilles, expose la culture à la verse, retarde la maturation, diminue les qualités boulangères du grain. L'influence de l'eau sur les maladies crytogamiques, en particulier sur la rouille, est également considérable (voir Vol. II, chapitre Ennemis du Blé). Dans la plus grande partie de la Tunisie (la zone Nord exceptée), il y a surtout à craindre une insuffisance d'humidité du sol au printemps, à la période critique de l'épiage et pendant la maturation; nous avons vu que la technique de la préparation des terres vise surtout à pallier à l'insuffisance des précipitations par la conservation dans le sol de l'eau tombée en automne et en hiver.

Cette humidité n'est pas seulement nécessaire en elle-même, parce que le Blé consomme de l'eau, mais aussi pour permettre l'utilisation des aliments minéraux. La loi du minimum de Liebig s'applique aussi bien à l'eau qu'à l'azote, à la potasse, à l'acide phosphorique; le déficit d'eau rend inutilisables les substances minérales du sol; les en-

grais ne donnent leur plein effet que dans une terre suffisamment pourvue d'eau et libre de mauvaises herbes; leur emploi doit être le complément d'une bonne culture et non le correctif d'une mauvaise préparation du sol. Il est toutefois exact qu'en terre riche une plante consomme moins d'eau pour élaborer 1 kilog de matière sèche qu'en terre pauvre, mais elle s'y développe davantage, et ce bon effet d'une abondante nourriture accroît le danger d'une dessiccation prématurée si l'approvisionnement du sol en eau est insuffisant. L'échaudage à la suite de l'emploi d'engrais azotés ou phosphatés n'est pas imputable à ces engrais, mais à la pénurie d'eau du sol.

Ci-dessous, un exemple donné par M. Isman (1925) de l'influence de l'eau sur l'efficacité des engrais à l'égard d'une variété pédigrée de Blé cultivée à la Ferme annexe de l'Institut agricole d'Algérie, à Berteaux.

Proportions respectives des récoltes (non rapportées à l'hectare) :

Culture sans engrais	irriguée à l'épiage	24.
	non irriguée.....	9.
Culture avec engrais complet	irriguée à l'épiage	37.
	non irriguée.....	22.

L'irrigation de la parcelle sans engrais lui fait donner un rendement supérieur à celui de la parcelle avec engrais complet, mais non irriguée.

Cette expérience comporte de précieux enseignements : dans l'expérimentation sur l'effet des engrais, il convient de ne mettre en comparaison que des parcelles également approvisionnées en eau; il est même préférable d'opérer sur des cultures en vases (pots, bacs, etc...) dans lesquels on peut maintenir des doses d'humidité identiques, choisies de telle façon que l'humidité n'intervienne jamais comme facteur limitant. Cette méthode est actuellement suivie au Service Botanique.

L'aliment azoté normal du Blé est constitué par les nitrates du sol. L'ammoniaque, qui se produit pendant la décomposition des matières organiques, ou qu'on ajoute avec les engrais, est pratiquement transformée en nitrate avant d'avoir subi une absorption de quelque importance.

L'azote étant un constituant essentiel de la matière vivante, il est normal que la nutrition azotée influe beaucoup sur le développement des plantes. La privation d'azote, surtout pendant les hivers pluvieux et froids, réduit la croissance du Blé, provoque le jaunissement des feuilles, rend la plante tout entière chétive; si la pénurie d'azote dure

pendant toute la végétation, le développement s'en trouve fâcheusement affecté et la durée de végétation raccourcie.

Si les autres éléments de fertilité sont en quantité suffisante, l'augmentation de la nutrition azotée provoque un développement rapide et considérable, un rendement maximum en paille et grain.

S'il y a excès d'azote par rapport aux autres aliments, le développement de la tige et des feuilles reste exubérant, les feuilles sont vert foncé, mais les tissus sont gonflés d'eau, se lignifient mal, le Blé est exposé à la verse; la végétation est prolongée comme dans le cas d'une humidité excessive et la fructification risque d'être brusquée par l'échaudage, si la sécheresse survient et surtout si le siroco fait son apparition.

Tant que l'équilibre persiste entre les éléments nutritifs, le rendement est presque proportionnel à la nutrition azotée; quand l'équilibre est détruit au profit de l'azote, la verse, l'échaudage et la rouille peuvent réduire considérablement la récolte. L'emploi des engrais azotés demande de la part de l'agriculteur le plus grand discernement.

Le rôle du *phosphore* dans la vie des plantes est moins connu que celui de l'azote. Il se trouve dans les nucléoprotéides (matières protéiques du noyau des cellules), est nécessaire à la division cellulaire, à la migration de l'amidon; il se concentre dans les graines, cette réserve étant utilisée au moment du développement rapide de l'embryon en plantule, pendant la germination et la première phase de la croissance.

La forme alimentaire du phosphore est constituée par des phosphates. Leur addition au sol provoque un développement plus abondant de l'appareil radiculaire, ce qui les rend précieux dans les pays à faible pluviométrie (cet effet est aussi très marqué sur les plantes racines : betteraves, navets, etc...). Ces engrais activent également la maturation, qui se trouve avancée de plusieurs jours.

Quelque importants que soient ces effets sur le Blé, ils ne se manifestent par aucun caractère extérieur bien saillant. L'augmentation porte à la fois sur la paille et le grain, qui restent à peu près dans la même proportion; le volume des grains n'est pas accru, à moins que le témoin ne soit un sol artificiel très pauvre en phosphore.

Le phosphore manifeste donc son action par une accélération de la croissance de tous les organes, sans risquer d'aboutir aux déséquilibres que provoque l'azote et qui se traduisent par des aspects très caractéristiques. Il n'y a pas d'autre inconvénient à employer des doses excessives d'engrais phosphatés que de faire une dépense inutile, au moins momentanément.

Le potassium est plus abondant dans les feuilles que dans les grai-

nes. Les sels solubles de ce métal ont pratiquement tous la même valeur nutritive à égalité de teneur en potassium.

Le rôle essentiel du potassium paraît être de favoriser la synthèse des hydrates de carbone, particulièrement de l'amidon, et leur migration à travers la plante. Le Blé ne contient d'amidon que dans son grain, où il constitue l'importante réserve que l'on sait; on n'en trouve ni dans les feuilles, ni dans les tiges (quelquefois un peu au voisinage de l'épi); c'est à l'état de sucres que les hydrates de carbone se forment dans la feuille et voyagent jusqu'aux grains.

L'action du potassium se manifeste particulièrement sur les feuilles et les fruits. Une nutrition déficitaire en potassium se traduit par des feuilles vert grisâtre, comme décolorées, une tige faible, une diminution du poids individuel des grains. Les plantes insuffisamment alimentées en potasse se montrent plus sensibles aux maladies et aux intempéries.

L'action de la potasse sur l'énergie de la synthèse chorophyllienne est surtout désirable dans les pays à insolation insuffisante.

D'après des travaux récents, on pourrait envisager un effet spécial du potassium dû à sa faible radio-activité.

Le sodium, en petite quantité, aurait un effet favorable sur le rendement du Blé et la richesse du grain en azote (Hellriegel, Voelcker). Dès que sa concentration est trop forte, il devient toxique. En Tunisie, les terres en contiennent toujours suffisamment, l'eau de pluie en apporte d'ailleurs une quantité qui est loin d'être négligeable : à Tunis, 100 kilogs de sel (chlorure de sodium) par hectare et par an (H. Soulmagnon, 1929).

Le calcium est un aliment essentiel du Blé, comme le potassium, il est plus abondant dans les feuilles que dans les graines. Il joue probablement un rôle dans l'élaboration des protéines. Son absence empêche la germination de la semence, l'élongation de la racine; des traces suffisent pour supprimer cette inhibition. Il est physiologiquement indispensable pour neutraliser les acides organiques qui prennent naissance dans la plante.

Le calcium se trouve presque toujours en quantité suffisante dans le sol pour jouer son rôle alimentaire; il en faut une proportion beaucoup plus grande pour que cette substance agisse efficacement sur les propriétés physiques et chimiques du sol et sur les actions microbiennes qui contribuent à la préparation des aliments pour les végétaux.

Le carbonate de calcium, en déterminant la floculation de l'argile, empêche les sols de prendre un état visqueux qui les rend impropres à la culture; à cet effet, sa proportion doit être d'environ 1/10 de la quantité d'argile.

Les ions calcium, en déplaçant les ions potassium et magnésium fixés sur les colloïdes, les rendent utilisables par la plante. Ils peuvent, par leur présence, neutraliser l'effet d'ions métalliques toxiques lorsqu'ils sont en excès (sodium, magnésium, etc...).

Le calcium sous forme de carbonate neutralise l'acidité, qui est presque toujours une cause de diminution de la fertilité des sols (les sols acides sont rares en Tunisie). Cette neutralisation est favorable au développement des bactéries qui assurent la décomposition de la matière organique, l'ammonisation et la nitrification; elle entrave la dénitrification dans les sols non acides.

Un excès de calcaire produit la chlorose des plantes, moins par action toxique directe que par l'insolubilisation de certaines substances nécessaires, à faible dose, pour un développement normal (zinc, manganèse, etc...). Le Blé n'est guère sensible à la chlorose calcaire et nous avons dit, en parlant des sols, qu'il se développe bien sur des sols crayeux, si les éléments indispensables ne lui font pas défaut.

Le magnésium est nécessaire à la constitution de la chlorophylle, son défaut provoque l'étiolement des plantes; il s'accumule dans les graines comme le phosphore. Il est moins nécessaire aux plantes produisant des graines à réserves d'amidon, comme le Blé, qu'aux plantes oléagineuses. La magnésie et le carbonate de magnésium conviennent mieux que le sulfate et le chlorure, qui se montrent rapidement toxiques; cet effet nuisible est d'ailleurs combattu par la présence du calcaire. Il agit, comme ce dernier, pour mobiliser le potassium et en augmenter la quantité dans les solutions du sol.

L'activité des microrganismes du sol est accrue par la présence du carbonate de magnésium en faible proportion; à dose plus élevée, il devient un agent de stérilisation.

Beaucoup d'autres éléments minéraux entrent dans la composition du Blé, mais en faible proportion. Ils se trouvent généralement dans le sol en quantité suffisante et il n'y a guère lieu de s'occuper de leur apport comme engrais.

Il ne suffit pas que le sol contienne tous les éléments de fertilité pour qu'il permette le développement maximum d'une plante; il est nécessaire que ces substances se trouvent en proportions déterminées et que la concentration de la solution du sol se maintienne entre certaines limites. *Cet état d'équilibre des substances solubles du sol doit correspondre à l'équilibre physiologique de la plante cultivée.* Il est variable avec les espèces et même avec la phase de végétation de chaque espèce. Il est assez facile de corriger l'absence ou l'insuffisance d'une substance utile par son apport comme engrais; il est parfois possible de neutraliser certains effets toxiques par l'apport de carbonate de calcium, mais nous sommes impuissants à maintenir à cha-

que moment, dans le sol, l'état d'équilibre de la solution qui correspondrait le mieux aux besoins de la plante et permettrait le développement optimum de cette dernière. Il existe toujours des *facteurs limitants* qui réduisent le rendement; ces facteurs sont tantôt l'insuffisance d'un élément (eau, azote, acide phosphorique, potasse, etc...), tantôt l'excès de l'un ou de plusieurs d'entre eux.

Cette interdépendance des facteurs minéraux de la fertilité est encore compliquée par l'existence des microrganismes, qui réagissent diversement aux variations de composition chimique, d'humidité et de température du sol, et, comme ils sont souvent des intermédiaires entre les matériaux du sol et des plantes cultivées, il arrive qu'ils sont tantôt des pourvoyeurs d'aliments pour les plantes, tantôt des concurrents pour l'absorption des solutions minérales.

Enfin, *l'état colloïdal d'une partie des éléments du sol* lui confère à l'égard des substances solubles *des propriétés d'adsorption* qui peuvent être modifiées par les agents physiques sous l'influence des façons culturales ou par l'apport d'électrolytes (engrais solubles).

Les particules minérales ultimes du sol provenant de la désagrégation de la roche-mère sont agrégées entre elles par des colloïdes (humus, silice, alumine, hydrate d'oxyde ferrique), fixant par adsorption des bases alcalines et de l'acide phosphorique, formant ainsi ce qu'on appelle des solutions solides, qui servent probablement de milieu de culture aux microrganismes, à la manière de la gélatine nutritive recouvrant une plaque de verre. Les liens qui existent entre le squelette minéral, les colloïdes et les substances solubles adsorbées sont d'ordre physique autant que chimique et peuvent être facilement rompus.

Le sulfate d'ammoniaque est décomposé, son ammoniaque fixée, sous une forme que l'eau n'entraîne pas, tandis que son acide sulfurique se combine au calcium. La même chose se passe pour le sulfate de potasse, dont l'ion potassium est également retenu et pour le phosphate dont l'acide se combine à la chaux et au fer pour précipiter à l'état très peu soluble.

Les anhydrides carbonique, sulfurique, azotique, le chlore, le magnésium, le calcium, le sodium ne sont pas retenus et se trouvent dans les eaux de drainage. Les matières organiques solubles sont toutes adsorbées par les sols non acides, de gros apports de fumier de ferme n'enrichissent pas le sous-sol.

Nous connaissons peu de choses sur la constitution de ces agrégats de particules et de colloïdes qui jouent un rôle considérable dans la fertilité. L'adsorption des substances fertilisantes solubles, leur déplacement par la chaux et la magnésie, la rétention de l'eau (au moins

partiellement), le gonflement du sol par l'humidité, son durcissement et son retrait par dessiccation sont des phénomènes colloïdaux.

Cet état physico-chimique du sol varie constamment, d'un moment à l'autre, entraînant des changements de fertilité bien autrement importants que ceux qui tiennent à la composition chimique même du sol. On comprend combien nos méthodes d'analyse sont impuissantes à nous renseigner sur le degré de fertilité et sur l'opportunité des apports d'engrais destinés à la maintenir ou à l'augmenter.

Nous savons que *cette fertilité peut être amoindrie par des façons culturales faites à contre-temps*, comme le labour de la terre argileuse trop humide, ou par l'appauvrissement excessif en matière organique et en chaux.

C'est probablement à produire cette constitution favorable que concourent les façons culturales judicieuses, la décomposition des substances organiques, les amendements calcaires dans certains cas. Tous les praticiens savent qu'une terre neuve ne donne pas tout de suite la mesure de sa fertilité, qu'elle se bonifie, se « fait » par la culture, même sans addition d'engrais, mais qu'il faut plusieurs années avant qu'elle soit mise au point.

Les nombreuses façons d'été, qui amènent la dessiccation et l'échauffement de la couche superficielle, ont une action favorable, qui s'explique probablement par la destruction momentanée de l'état colloïdal et la libération des ions adsorbés. Cette libération est encore plus complète si le sol est chauffé à l'étuve.

Un certain nombre d'expériences ont montré l'augmentation de fertilité résultant de la dessiccation du sol. Ghedroiz (1915), en ensemençant dans des vases de la terre conservée à l'air sec à partir de 1903, a constaté que la récolte d'avoine obtenue sans fumure augmentait avec la durée de la conservation (19 gr. en 1904, 34 gr. 3 en 1907, 41 gr. 6 en 1909). De ce sol, l'acide citrique à 20 % solubilisait 0,00078 % d'acide phosphorique en 1904 et 0,0096 % en 1919.

Une étude très complète de l'influence de la dessiccation artificielle du sol et de dessiccation naturelle sous l'influence des façons culturales a été publiée par Lebediantzeff (1924), Directeur de la Station agronomique de Chatilovskaia (Gt de Toula, Russie). Elle nous fournit des renseignements précieux sur le mode d'action de nos façons culturales. Ces expériences, répétées en Tunisie sur les terres du Service Botanique par M. Amiable (1925), ont abouti aux mêmes conclusions.

La dessiccation artificielle du sol, *à l'air libre*, a donné des augmentations de fertilité de 45 % pour une culture de millet, 28 % pour des céréales, 35 % pour des légumineuses. L'effet est d'autant plus marqué que le sol est plus riche en matière organique, et qu'il a été moins remué par les travaux de culture (friche, production her-

bagère). La couche de 0 à 20cm fréquemment remuée a peu réagi, il en est de même de celle de 60 à 80cm pauvre en humus; c'est surtout la partie du sol de 20 à 60cm qui a bénéficié de la dessiccation.

Ces gains de fertilité paraissent correspondre à la mobilisation des éléments de fertilité; la matière organique, l'azote, l'acide phosphorique se dissolvent en plus grande quantité dans leurs solvants habituels (eau, acide acétique à 2 %, acide oxalique à 5 %, acide azotique à 1 %). On constate une brusque diminution du nombre des microrganismes. Il est probable que l'augmentation des substances alimentaires solubles dans les réactifs tient à la destruction de ces microrganismes et à la libération des substances adsorbées par les colloïdes partiellement détruits par l'élévation de température et la dessiccation.

L'effet utile doit être attribué à ces deux derniers facteurs; l'action de la lumière et celle de l'oxygène ont été trouvées nulles.

La dessiccation artificielle à l'étuve, à 110° pendant 36 heures, a donné des résultats beaucoup plus marqués encore, puisqu'il a suffi, au Service Botanique, d'ajouter cette terre, dans la proportion de 1/3, à de la terre non chauffée pour augmenter le rendement de 54 à 68 %.

La dessiccation naturelle dans les champs produit les mêmes effets que la dessiccation artificielle. Des expériences variées de Lebediantzeff l'ont montré; au Service Botanique, la fertilité de la surface du sol déchaumé (en mottes) a surpassé de 31 à 44 % celle du sol non déchaumé (Amiable).

Il est à prévoir que cet effet de la dessiccation sur la fertilité crée des différences dans la répartition de la fertilité suivant la profondeur. En protégeant des cultures contre la pluie, afin d'éviter l'entraînement des substances solubles, Lebediantzeff a constaté que la fertilité d'une couche de 20cm d'épaisseur, préalablement homogénéisée par un mélange soigné, était, en deux mois, multipliée par 4,5 dans les 5 premiers centimètres à partir de la surface, par 3,3 dans la deuxième couche de 5cm, par 3 dans la troisième, par 2,3 dans la quatrième. En constituant en plein champ une couche de terre de 20cm par des prélèvements de 5 en 5cm de profondeur, mais en plaçant au fond la terre de la surface, de façon à opérer un retournement artificiel et parfait du sol, le même expérimentateur a constaté qu'après quatre semaines l'ordre de fertilité, d'abord inverse, s'était également retourné et croissait de nouveau avec la profondeur. C'est la reproduction, plus parfaite il est vrai, du labour qui retourne la terre.

Ces expériences nous font comprendre toute l'importance des façons culturales et nous renseignent sur l'époque opportune de leur exécution. Pour que nos terres soient fertiles, il faut qu'elles contiennent de l'eau et des aliments minéraux libres, à l'état de dissolution. La

couche superficielle doit fournir les derniers, les couches plus profondes étant spécialisées dans la conservation de l'humidité.

En été, il y a donc intérêt à déchaumer le plus tôt possible, à faire dessécher la couche superficielle par des retournements successifs; son émiettement n'est pas nécessaire. Si l'on sème en automne sur de telles terres, elles ne donnent que peu de rendement parce qu'il leur manque l'autre élément indispensable, c'est-à-dire l'eau. Si la jachère est continuée toute une année, l'eau s'accumule et se conserve dans le sous-sol, la couche superficielle, plusieurs fois retournée par les façons de l'été qui précède les semailles, continue à mobiliser ses réserves de matières nutritives, et les pluies d'automne et d'hiver répartissent ces éléments dans toute la couche de terre qu'occupent les racines. Les deux facteurs de fertilité, eau et substances solubles, se trouvent réunis.

Ces résultats expérimentaux expliquent aussi que, pour réussir des cultures successives de céréales sur le même sol, il faut attendre que celui-ci ait constitué son approvisionnement souterrain en eau et remuer le sol superficiel par de nombreuses façons d'été, sans toutefois l'amener à un état excessif de pulvérisation.

Il faut ajouter que la jachère, en conservant l'humidité du sol, diminue beaucoup son échauffement et qu'il est utile de retourner fréquemment la couche superficielle pour en favoriser la dessiccation. Il ne faut donc pas envisager les travaux de préparation du sol uniquement au point de vue de la conservation de l'humidité des couches profondes, mais encore à celui de la mobilisation des éléments de fertilité de la couche superficielle.

Il importe de ne pas oublier que ces augmentations de fertilité constituent des prélèvements sur les réserves d'éléments minéraux utiles du sol. Il convient maintenant d'examiner l'approvisionnement de ce dernier.

11. Approvisionnement naturel du sol. Origine, forme et cycle des substances alimentaires

Les matières organiques contenues dans le sol ne sont pas, à proprement parler, des aliments pour les plantes cultivées, car elles ne sont guère absorbées qu'après décomposition; elles sont l'une des sources de l'azote et de l'acide carbonique qui constituent des éléments essentiels des végétaux; elles fournissent, par leur oxydation, l'énergie nécessaire au développement des microorganismes du sol, qui en poursuivent la désintégration; elles passent par l'état colloïdal et possèdent alors des facultés d'adsorption comparables à celles de l'argile

et autres colloïdes minéraux. A ces divers points de vue, elles constituent un important facteur de fertilité.

Ces matières proviennent de la décomposition des animaux et végétaux vivant dans le sol et à sa surface. Elles se présentent à des degrés très divers de décomposition et de solubilité, sont continuellement en cours de transformation, ce qui rend leur étude particulièrement difficile. Le terme d'humus, sous lequel on les désigne, ne correspond à rien de précis.

Elles donnent au sol une couleur noire plus ou moins foncée, augmentent sa porosité, sa capacité pour l'eau, améliorent sa structure. Dans les sols fortement humifères, les propriétés physiques des autres constituants (sable, limon, argile) sont masquées par celles de l'humus.

Le cycle des matières organiques est le suivant : les végétaux verts les élaborent en fixant sur les éléments minéraux l'énergie solaire captée par la chlorophylle; les animaux et les végétaux sans chlorophylle (champignons, bactéries) les décomposent en utilisant, pour faire la synthèse de leurs propres tissus, une partie des éléments constitutifs de ces substances et l'énergie qui s'y trouvait accumulée; cette destruction libère des éléments minéraux (azote, acide phosphorique, potasse, magnésie, soufre, acide carbonique, vapeur d'eau). L'azote s'élimine moins vite que le carbone; le rapport C/N, égal à 40 dans les chaumes, devient plus tard égal à 10 dans l'humus. Ce cycle montre la dépendance étroite qui existe entre tous les organismes terrestres.

Si les sols humifères renferment une importante réserve de matières organiques, il n'en est pas de même pour les autres. Stoklasa (1926) a montré que la quantité d'acide carbonique dégagée par un sol peut servir de mesure à sa fertilité et qu'elle est accrue par l'apport d'engrais chimique. « En admettant, dit-il, que le sol contienne 2 % de carbone, on trouve que sur 1 hectare une couche de terre de 30^{cm} contient 80.000 kilogs de carbone. Si le sol fertile exhale 40 quintaux de carbone en 200 jours (chiffre obtenu expérimentalement) et si le carbone consommé n'est pas remplacé, la réserve de carbone du sol serait épuisée en 20 ans. La teneur en carbone des restes de chaumes et de racines de nos céréales ne suffit pas à compenser cette perte. L'agriculteur verra donc combien il importe de tenir compte de la statistique du carbone. »

Stoklasa estime à environ 20-25 quintaux à l'hectare la quantité de chaumes et de racines laissée par les céréales (froment, avoine, orge) et au double celle qui est laissée par le Trèfle et la Luzerne.

En Tunisie, il existe peu de terres humifères. La pratique de la jachère détruit toute végétation adventice, favorise la vie microbienne

souterraine, établit ainsi deux années de forte consommation de matière organique pour une seule année de restitution par la récolte. Si l'on ajoute que les fumures organiques y sont à peu près inconnues, l'on est fondé à craindre un appauvrissement assez rapide des sols en matière organique.

Cette crainte a été celle des agriculteurs tunisiens lorsque s'est imposée la jachère nue travaillée; elle n'a pas paru se justifier, jusqu'à présent, car la fertilité des terres s'accroît dans la mesure où leur préparation est plus soignée. En Europe, la restitution de la matière organique est un dogme; dans le Nord de l'Afrique, l'agriculteur s'en est affranchi : pas de fumier de ferme, pas d'engrais verts, de moins en moins de fourrages, peu de légumineuses pour graines.

Il semble cependant que l'activité des microrganismes du sol soit encore accrue par la température. Epuise-t-on les réserves naturelles du sol en matières organiques ? se reconstituent-elles ? par quel mécanisme ? sont-elles moins nécessaires sous notre climat que dans des régions plus humides ? Autant de questions auxquelles nous ne pouvons pas répondre actuellement. Il est de toute urgence d'en aborder l'étude, car l'agriculteur nord-africain vit actuellement sur des ressources dont il ignore l'importance, la consommation et la durée.

L'azote est l'élément nutritif le plus instable dans le sol. Sa proportion est le plus souvent de 0,8 à 1,5 % dans les terres arables non humifères, elle augmente dans les terres noires. La décomposition des matières organiques azotées fait passer leur azote de l'état insoluble à l'état soluble dans les alcalis, puis à l'état d'ammoniaque. Sous l'action des bactéries de la nitrification, l'azote ammoniacal est transformé d'abord en azote nitreux, puis en azote nitrique. Sous ces trois formes, il est utilisable par les plantes; la dernière est de beaucoup la plus importante et représente un état plus stable, permettant une accumulation de nitrates dans de certaines limites. Les travaux de D. Berthelot et Gaudechon (1911) ont montré que l'ammoniaque et les substances organiques azotées peuvent être oxydées en présence de l'air, jusqu'à la forme nitreuse seulement, sous l'influence des rayons ultra-violets. Il est possible que cette transformation se produise conjointement avec celle du même ordre que déterminent les bactéries nitrifiantes dans la couche superficielle du sol, exposée, sous notre climat, à une lumière intense.

Les nitrates s'accumulent dans le sol des jachères pendant tout l'été, si les conditions d'humidité, de température, d'approvisionnement en matières organiques favorisent le travail bactérien. La nitrification s'atténue pendant l'hiver et les nitrates, très solubles, sont entraînés par l'eau dans les couches profondes du sol. Si celui-ci est ensemencé, les plantes utilisent les nitrates et il semble que les jeunes

plantes de Blé en soient très avides, ce qui est heureux pour réduire la perte par infiltration. Cette perte est très variable suivant l'abondance des pluies d'automne et du début de l'hiver.

Voici, à titre d'exemple, la quantité d'azote existant sous ses trois formes (ammoniacale, nitreuse et nitrique) dans les champs d'expérience du Service Botanique pendant l'été 1929 (Yankovitch, 1929) :

Azote organique	de 0 à 30 cm.	3450 kg. par hectare.	
	30 à 60 »	1650	»
	60 à 90 »	1700	»
	Total 0 à 90 »	6800	»
Azote ammoniacal	0 à 90	25	»
id. nitreux	0 à 90	0,2	»
id. nitrique	0 à 90	100	»

et les variations de l'azote nitrique au cours d'une rotation jachère-Blé (en kilogs par hectare) :

Profondeur	8 avril	10 mai	4 juin	24 juillet	23 sept.	15 oct.	13 déc.	21 janv.	19 mars	1er mai
0 à 30 cm.	4,3	22,8	31,1	40,2	84,1	77,3	31,7	5	4,5	2,5
30 à 60 »	8,4	5,6	11,1	21,4	25,9	13,3	42.3	31,2	6,2	3,1
60 à 90 »	8	6,1	15,1	24,3	18	10,9	35,5	58,8	11,9	4,8
	20,7	34,5	57,4	85,9	128	101,5	107,5	95,0	22,6	10,4
				Jachère cultivée				Blé		

Ce dernier tableau permet les constatations suivantes :

La nitrification, encore faible en avril, en raison de la température basse du sol, devient active en mai dans la couche supérieure, elle s'étend aux couches plus profondes de juillet à septembre, la teneur maximum se présentant à l'analyse du 23 septembre. La couche de 0 à 30^{cm} se montre beaucoup plus riche que les parties plus profondes du sol.

La teneur en azote nitrique se maintient au-dessus de 100 kilogs à l'hectare jusqu'au milieu de décembre, mais l'influence des pluies d'automne se fait sentir par l'entraînement de l'azote nitrique dans les couches profondes du sol. En fin janvier, la couche superficielle est très appauvrie, la couche de 60 à 90^{cm} est la plus riche, il est certain que les nitrates sont entraînés beaucoup plus bas, peut-être hors de la portée des racines, encore incomplètement développées à cette époque. La provision de nitrates commence à diminuer en janvier, surtout près de la surface; elle est réduite des quatre cinquièmes en mars, des neuf dixièmes en mai. Il est bien certain qu'une partie importante a été consommée par le Blé, pendant sa période de développement. Il est probable qu'une certaine quantité descend profon-

dément dans le sol avec les eaux d'infiltration. Cette quantité varie suivant l'abondance des précipitations et la perméabilité des sols; elle est très importante dans les régions humides, faible et peut-être nulle dans les régions à pluviométrie réduite. La répartition de l'azote nitrique dans le sol, étant sous la dépendance des pluies, est variable, d'une année à l'autre, dans le même sol, ayant subi la même préparation.

En année normale, l'approvisionnement du sol (jachère cultivée) est maximum en automne et au début de l'hiver, à une époque où le Blé est encore trop peu développé pour utiliser une partie importante de ces nitrates; il ne devient insuffisant qu'en mars et avril, au moment de la croissance rapide et de l'épiage de cette céréale. Il conviendrait donc de donner les engrais azotés en février pour compenser la pénurie de nitrates qui commence à se faire sentir. Si l'hiver est très pluvieux, l'apport d'azote peut être utile beaucoup plus tôt.

Si la terre ne porte pas de culture, les nitrates n'y persistent pas davantage. Ils disparaissent même dans des pots, où l'infiltration est supprimée. C'est donc qu'ils sont détruits. L'étude de cette dénitrification a montré, depuis longtemps, que le phénomène est dû à l'action de bactéries, prélevant l'oxygène des nitrates pour le fixer sur des matières organiques facilement oxydables. L'azote nitrique repasse à l'état d'azote nitreux, d'azote ammoniacal ou d'azote libre; une partie reprend également la forme organique, celle qui est assimilée par les bactéries pour leur développement. Des expériences en pots et en pleine terre ont amené M. Yankovitch à considérer la dénitrification et la perte d'azote libre comme importantes en Afrique du Nord, dans une terre acide, même corrigée par un apport de chaux, et beaucoup moins marquée dans une terre calcaire.

Il faut donc conclure des résultats rapportés ci-dessus :

1° que la provision d'azote accumulée dans nos terres par la jachère semble assez mal utilisée par le Blé;

2° que ce dernier, qui ne paraît cependant pas souffrir d'un manque d'azote, dans les terres bien préparées, doit, pour activer sa croissance, puiser sa nourriture azotée à d'autres sources que les nitrates préalablement formés dans le sol superficiel;

3° que les années sèches excluent toute utilité des engrais azotés, tandis qu'en année pluvieuse le manque d'azote peut se manifester, plus ou moins tôt, au cours de la végétation.

Il est probable que la transformation des matières azotées organiques en ammoniaque, puis en nitrites et enfin en nitrates, se continue pendant la végétation du Blé et que ces trois formes d'azote sont absorbées au fur et à mesure de leur apparition; toutefois cette source

doit être assez faible, puisque la jachère elle-même ne contient encore que peu de nitrates en avril-mai. MM. Pouget et Chouchak (1913) ont conclu, d'expériences effectuées à Alger, que, pendant la période où la nitrification est faible, par suite de la basse température et de la grande humidité du sol, les plantes utilisent directement l'azote des matières organiques, que la récolte est conditionnée par la richesse de la solution du sol en azote total et non par sa teneur en azote nitrique.

La fixation de l'azote atmosphérique par les microbes fixateurs doit aussi entrer en ligne de compte, mais pour une quantité qu'il nous est actuellement impossible d'évaluer d'après des expériences nord-africaines.

Enfin, il est possible que le Blé, dont les racines descendent alors jusqu'à 2 mètres de profondeur, trouve, dans l'énorme masse de terre qu'il occupe, les nitrates que la pluie a dilués dans le sol; cette hypothèse paraît très vraisemblable.

La provision de 100 kilogs d'azote nitrique est suffisante pour la production de 25 quintaux de Blé à l'hectare; la jachère les accumule, il reste à savoir quelle est la perte par infiltration profonde et par dénitrification et comment se produit la compensation de cette perte. Utilisée ou non, en terre ensemencée comme en jachère, cette provision d'azote disparaît à peu près complètement entre septembre et mai.

Ce ne sont pas les récoltes de Blé qui appauvrissent le sol en azote, c'est la culture du sol. La formation et la disparition de l'azote nitrique sont à peu près les mêmes dans un sol nu et dans un sol ensemencé, à conditions égales de température, d'humidité et d'ameublissement.

Dans l'exemple cité plus haut, l'approvisionnement total du sol, sous ses diverses formes, est d'environ 7.000 kilogs par hectare; il suffirait de 70 années de culture sans apport de fumure azotée pour l'épuiser. En réalité, cet épuisement n'est pas plus à craindre qu'il n'est possible d'augmenter fortement la teneur en azote d'un sol travaillé en lui apportant des doses massives de fumier de ferme.

L'exemple suivant, tiré de l'ouvrage de Edward J. Russel, est très démonstratif de ces faits.

Perte, en azote, des sols cultivés, champs de Blé de Broadbalk, Rothamsted (47 années, 1865-1912)

	Sol riche livres par acre		Sol pauvre livres par acre	
Azote dans le sol en 1865	0,175 % =	4.340	0,105 % =	2.720
Azote ajouté (engrais, pluie, semence)		9.730		320
Montant d'azote attendu en 1912		14.070		3.050
Azote trouvé en 1912	0,245 % =	5.730	0,103 % =	2.510
Perte d'azote du sol		8.340		540
Azote représenté dans la moisson		2.550		750
Balance : perte sèche		5.790	gain	210
Perte sèche annuelle		123	gain annuel	5

Tandis que le sol riche en azote, fumé à raison de 14 tonnes de fumier de ferme à l'acre, a perdu (perte sèche) plus de la moitié de l'azote reçu, le sol pauvre en azote, très peu fumé, a maintenu sa teneur en azote et a puisé, ailleurs que dans les engrais reçus, le tiers de l'azote exporté par la moisson. Il est vrai que cette moisson n'atteignait pas le tiers de celle du champ fumé.

Ces résultats nous montrent comment il faut considérer le cycle de l'azote. Cet élément n'est pas, comme le potassium et le phosphore, alternativement constituant minéral du sol puis de la matière vivante, il circule de l'atmosphère au sol et à la matière vivante; les microrganismes le libèrent, à l'état ammoniacal et nitrique, des matières organiques en décomposition, le puisent également dans l'atmosphère et tendent à maintenir un équilibre entre ces diverses formes de l'azote. Les états minéraux (ammoniaque, nitrites, nitrates) sont très fugaces. L'azote fait surtout partie du cycle matière vivante-atmosphère au même titre que le carbone. Ce dernier est puisé dans l'atmosphère par les plantes vertes, l'azote y est prélevé par des microrganismes du sol.

Si l'on n'ajoute pas d'engrais azoté, l'équilibre persiste et la récolte est en proportion de la quantité disponible d'azote rendu assimilable au cours de la végétation. Si l'on ajoute des engrais azotés, la récolte profite d'une partie de cet azote et s'accroît; le surplus, s'il y en a, ne s'accumule pas, il retourne à l'atmosphère.

Dans nos terres de Tunisie, à température élevée, si nous savons conserver une humidité suffisante, les microrganismes travaillent activement et permettent de fortes récoltes sans apport d'azote. L'emploi judicieux d'engrais azoté, au moment opportun, si l'équilibre avec les autres éléments de fertilité est maintenu, doit permettre d'augmenter encore les rendements.

La fixation de l'azote atmosphérique est aussi réalisée par les bac-

téries vivant en symbiose avec les légumineuses. Cette action est très importante dans les prairies permanentes et les pâturages, qui s'enrichissent ainsi en azote organique. Elle permet aux cultures de légumineuses fourragères (vesce, fenugrec) et à celles de légumineuses alimentaires (fèves, pois chiches, lentilles, gesses, etc...) de laisser le sol plus riche en azote organique qu'elles ne l'ont trouvé. La culture des légumineuses a été employée dans beaucoup de pays pour améliorer les terres pauvres, ce qui revient à dire pour élever le niveau d'équilibre des diverses formes de l'azote dans ces sols. Il est probable que ces plantes sont appelées à jouer le même rôle en Tunisie.

Le *phosphore* se trouve dans le sol sous deux états : combinaisons minérales et combinaisons organiques, ces dernières constituant, d'après divers auteurs, un tiers environ du phosphore total.

Les premières sont représentées par le phosphate tricalcique, le phosphate de magnésium, le phosphate ferrique et le phosphate d'aluminium, tous peu solubles, surtout le troisième et le quatrième, que l'on considère comme ayant peu d'utilité pour la nutrition végétale directe.

Le phosphate tricalcique est de beaucoup le plus important comme source de phosphore pour les plantes. Il peut se trouver sous forme cristallisée (apatite) très peu attaquable par les agents de dissolution existant dans les sols, et à l'état amorphe finement pulvérisé et beaucoup plus soluble dans l'eau chargée d'acide carbonique ou d'autres acides qui peuvent être produits dans le sol par les microrganismes.

La forme organique du phosphore dans le sol provient de la décomposition des restes d'animaux et de végétaux, y compris les microrganismes. Le phosphore est un constituant des albuminoïdes des noyaux cellulaires (nucléo-protéides) et de certaines graisses phosphorées (lécithines). Sa liaison est telle qu'elle lui fait perdre sa solubilité dans les acides. Vincent (1917) a montré que dans les sols granitiques bretons, réputés pauvres en acide phosphorique, la neutralisation du sol par l'eau de chaux permet d'en extraire, par les acides dilués, des quantités parfois doubles de celles qu'on obtient sans neutralisation préalable. Berthelot M. et André (1887) ont pu extraire, par calcination du sol dans un courant d'oxygène en présence de carbonate de soude, 2 gr. 92 d'acide phosphorique par kilogramme, dans une terre qui n'en abandonnait que 1 gr. 09 dans l'acide chlorhydrique étendu et froid et 1 gr. 83 dans le même acide concentré et bouillant.

Toutes ces réactions montrent que les formes organiques du phosphore dans le sol sont multiples; les unes libèrent facilement le phosphore, d'autres le retiennent avec la plus grande énergie et ne le cèdent probablement qu'aux microrganismes qui oxydent les matières organiques.

On conçoit que les résultats des analyses ne nous renseignent qu'imparfaitement sur la teneur des sols en acide phosphorique utilisable par les plantes.

La solubilisation des phosphates dans le sol est un phénomène complexe. Les travaux de Schlœsing fils ont permis de constater que la solution d'un sol contient toujours le même pourcentage (très faible) d'acide phosphorique, quelle que soit la quantité d'eau ajoutée au sol. Il s'établit une sorte d'équilibre entre l'action dissolvante du liquide, la rétention de l'acide phosphorique par le sol et l'absorption de cette substance par les plantes. Malgré la très faible teneur des solutions du sol en acide phosphorique, les végétaux peuvent y trouver la quantité nécessaire à leur croissance parce que la solubilisation se produit au fur et à mesure de l'absorption et maintient l'équilibre.

Cet état de choses est très favorable à l'agriculteur, car il n'a pas à craindre la perte de phosphore du sol. Les eaux de drainage n'en contiennent en effet que des traces. Les travaux récents de Demolon et Barbier (1930) sur l'évolution des phosphates solubles dans le sol précisent leur mode de fixation et de libération.

L'acide phosphorique soluble est précipité chimiquement à l'état de phosphate de chaux, en même temps qu'adsorbé par les colloïdes argileux, surtout par l'intermédiaire du sesquioxyde de fer hydraté.

L'alcalinité du milieu, due à la présence de la chaux, favorise la formation de phosphate calcique insoluble, mais réduit le pouvoir d'adsorption du sol. L'acidité du sol réduit la précipitation chimique, mais accroît l'adsorption par le sesquioxyde de fer et l'alumine.

La teneur maximum du sol en acide phosphorique soluble doit donc s'observer pour une réaction du milieu voisine de la neutralité.

Le chaulage des terres acides augmente la quantité d'acide phosphorique mise à la disposition des plantes; l'apport de chaux dans un sol déjà alcalin la diminue.

Il y a lieu d'appliquer les phosphates alcalins aux sols acides et les phosphates acides aux sols alcalins.

On a longtemps attribué à l'humus la propriété de retenir l'acide phosphorique par la formation de complexes appelés humophosphates (Dumont). Une étude récente de Balanesco (1930) aboutit à la conclusion que l'humus ne fixe pas l'acide phosphorique, que la fixation de ce dernier par l'humus naturel est due à la teneur de cet humus en fer et en calcium.

La solubilisation des phosphates du sol est due à l'eau chargée d'acide carbonique, à l'action directe des racines des plantes et à celle des microrganismes.

Les racines des végétaux émettent de l'acide carbonique, elles peu-

vent libérer à leur surface des ions acides de sels dont elles absorbent les bases; des expériences de Kossovitch (1903) prouvent cette action directe.

Quant aux microrganismes, ils agissent de deux manières : destruction par oxydation des matières organiques contenant du phosphore et solubilisation des phosphates minéraux par des excrétions acides (acétique, butyrique, etc...).

L'action des dissolvants de l'acide phosphorique du sol s'exerce d'autant plus activement que les particules minérales qui le contiennent sont plus fines. Il serait nécessaire de connaître cette répartition pour interpréter les résultats des dosages d'acide phosphorique par solubilisation dans les acides faibles.

Voici un exemple de cette répartition (Rousseaux et Brioux, 1909) :

Composition physique de la terre (p. 1.000)		Acide phosphorique	
		p. 1.000 parties de chacun des constituants physiques	p. 1.000 parties de la terre totale
Sable grossier siliceux.....	827	0,135	0,112
Sable fin siliceux.....	150	1,146	0,172
Sable fin calcaire.....	3,3	54,540	0,180
Argile.....	15,2	5,780	0,088
Humus.....	4,5	33,330	0,150
	1.000		0,702

Le cycle du phosphore est beaucoup moins connu que celui de l'azote, bien que ces deux éléments soient associés dans les organismes. Le phosphore du sol provient de la désagrégation des roches primitives et des roches volcaniques; il est probable que celui qui existe dans les terrains sédimentaires a déjà, au moins pour une part, été incorporé à la matière vivante des organismes des anciennes époques géologiques. Le cycle sol-matière vivante entraîne comme déficit, pour les terres cultivées, la quantité de phosphore enlevée par les récoltes et dont la restitution s'impose, si l'approvisionnement du sol n'est pas suffisamment élevé.

Le potassium provient de la désagrégation de silicates complexes de roches et se trouve, soit sous cette forme, à l'état de fragments plus ou moins volumineux, soit à l'état de silicate de potassium dissous en très faible proportion dans l'eau du sol et par conséquent hydrolysé. Les roches potassiques sont très lentement attaquées par les agents naturels; les silicates zéolithiques (dont nous avons parlé à propos de la formation du sol), c'est-à-dire les silicates hydratés d'aluminium et de bases alcalines et alcalino-terreuses représentent une forme plus

facilement attaquable; ils sont susceptibles d'échanger leur potasse contre d'autres bases comme la chaux, l'ammoniaque, etc...

Le dosage de la potasse se fait après attaque par des acides, dont l'action dissolvante est beaucoup plus grande que celle de l'eau, mais s'éloigne beaucoup des conditions naturelles de mobilisation de cette base dans le sol. Seul l'acide fluorhydrique permet de la libérer complètement des silicates en éliminant la silice sous la forme de fluorure de silicium volatil.

Voici, à titre de comparaison, des résultats de dosages de la potasse dans une même terre par solubilisation dans l'eau et divers acides (André) :

Potasse totale par kilog de terre	8,92
Eau pure (un lavage)	0,0029
Eau pure (lavages successifs)	0,143
Eau saturée d'acide carbonique (2 lavages)	0,198
Acide acétique à 2 % à froid (2 lavages)	0,290
Acide chlorhydrique à 2 % à froid (3 lavages)	0,404
Acide nitrique à 2 % à froid (2 lavages)	0,266
Acide nitrique du commerce, ébullition de 16 heures	1,026

Cette dernière attaque est celle des méthodes officielles d'analyse qui sont sensées donner la potasse utilisable par les végétaux.

La solution du sol contient de faibles quantités de potasse, qui augmentent avec la teneur de l'eau en acide carbonique et qui se renouvellent sans cesse si cette base est absorbée par les plantes. Cette substance se comporte à ce point de vue comme l'acide phosphorique; elle est fortement retenue dans le sol et n'est guère entraînée par les eaux d'infiltration.

Ces échanges se font tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, suivant les teneurs totales et les proportions de ces diverses bases dans le sol et les solutions qui le baignent. Il tend à s'établir ainsi un équilibre chimique, en vertu de la loi d'action de masse, équilibre constamment rompu par les variations d'humidité du sol et par l'absorption de la potasse et des autres bases par les plantes et les microrganismes.

Les colloïdes minéraux et les colloïdes humiques fixent également une petite proportion de potasse par adsorption, ce phénomène physique paraît beaucoup moins important, pour la conservation de la potasse dans le sol, que celui de son absorption chimique par les zéolithes colloïdaux.

L'action des dissolvants (eau, acide) varie d'ailleurs suivant le degré de pulvérisation des éléments du sol qui contiennent la potasse. Plus il existe de potasse dans les particules fines du sol (argile, sable fin),

plus cette substance est facilement solubilisée, en raison de la grande surface de contact des particules du sol avec les dissolvants.

Ci-dessous des chiffres obtenus par DUMONT (1904). Ils rappellent ceux que nous avons cités précédemment pour l'acide phosphorique :

Provenance	Argile dans le sol %	Potasse dans le sol %	Potasse dans l'argile %	Distribution de la potasse du sol			Effets des engrais potassiques
				sable grossier	sable fin	argile	
Grignon..	16,8	0,85	0,94	16,6	65,8	17,7	néant
La Creuse.	4,5	0,89	0,51	70,9	26,4	2,7	Bon

Les deux terres, bien qu'également riches en potasse, répondent très différemment aux engrais potassiques parce que cette potasse se trouve surtout dans les particules fines (sable fin et argile) dans la terre de Grignon, dans le sable grossier pour la terre de la Creuse.

La potasse utilisable varie de 5 à 50 % de la potasse totale. Les sols crayeux, sableux, ou riches en matières organiques, répondent généralement bien aux apports d'engrais potassiques; les sols argileux en ont rarement besoin, leur potasse peut être mobilisée par le plâtre apporté seul ou contenu dans les superphosphates.

Nous avons dit que les sols de Tunisie, comme ceux des régions arides, sont généralement riches en potasse. Les besoins d'engrais potassiques de ces terres, sauf les cas ci-dessus, sont problématiques et doivent être déterminés par l'expérimentation directe.

En parlant des matières organiques, de l'azote, du phosphore et du potassium, nous avons indiqué le rôle des sels de *calcium* dans les transformations, mobilisation ou insolubilisation de ces substances.

Les terres à Blé de Tunisie sont presque toujours suffisamment pourvues de calcaire. Les besoins du sol en ce constituant sont d'autant plus grands que la teneur en argile est plus élevée.

12. Détermination des besoins du sol en substances assimilables

L'insuffisance d'un ou de plusieurs des éléments que nous venons de passer en revue, dans le sol, détermine une diminution de sa fertilité et par conséquent du rendement du Blé.

L'analyse physique et chimique des terres fournit des indications sur la constitution du sol et sa composition, mais les méthodes actuellement appliquées sont impuissantes à faire connaître la proportion assimilable des éléments chimiques. Nous avons vu que leur solubilisation est un phénomène complexe, lié à la quantité d'eau que

reçoit le sol, à la température, au développement des microrganismes, aux travaux de culture.

Il ne faut pas demander aux analyses de laboratoire plus qu'elles ne peuvent donner.

La meilleure méthode pour déterminer les facteurs limitant le rendement et les besoins des sols en engrais consiste à faire des essais méthodiques de culture avec des formules d'engrais complet et des mélanges dépourvus de l'un des éléments de fertilité. Ces expériences sont difficiles à réaliser en plein champ, par suite de l'hétérogénéité du sol, de l'influence des mauvaises herbes, des insectes, des variations de l'humidité de la terre. On obtient des résultats beaucoup plus certains par des cultures dans des vases, dans lesquels on fait développer le même nombre de plantes et dans lesquels on maintient l'humidité la plus convenable au développement normal de la culture.

Ci-dessous trois exemples d'essais de ce genre réalisés au Service Botanique par M. Yankovitch, en 1929-1930, avec le Blé Florence 135.

a) Terre du Service Botanique, argilo-calcaire, compacte :

FUMURE	POIDS DE LA RÉCOLTE EN GRAMMES			Proportion de grains dans la récolte.	Effets comparatifs des engrais sur le grain.
	ENTIÈRE	GRAIN	PAILLE		
Engrais complet.....	32,45	12,65	19,80	0,39	100
id. sans azote.....	14,25	4,35	9,90	0,31	34
id. sans acide phosphorique.	27,98	9,42	18,53	0,34	74
id. sans potasse.....	28 45	9,15	19,30	0,32	72
id. sans magnésie...	27,50	9,55	19,90	0,35	75
Sans engrais.....	13,75	4,12	9,63	0,31	33

Cet essai montre que ce qui manquait le plus à cette terre était l'azote; l'ensemble des autres engrais donne 34 % du rendement maximum, alors que l'absence de tout engrais produit à peu près le même déficit. Il faut toutefois remarquer que la formule d'engrais complet donne une augmentation de 25 % par rapport aux formules contenant de l'azote, ce qui indique que l'apport d'azote (qui peut être réalisé par la jachère) permettrait aux autres engrais de donner un excédent appréciable de rendement.

L'analyse de cette terre donne les chiffres suivants :

Analyse physique		Analyse chimique	
			‰ de terre fine
Graviers : 11,2 %.	‰ de terre fine		
Terre fine 88,8 %.	—		
Sable grossier siliceux ...	127	Azote.....	1,17
» calcaire...	68,5	Acide phosphorique $P^2 0^5$.	1,47
Sable fin siliceux.....	182	Potasse $K^2 0$.....	6,80
» calcaire.....	280	Chaux CaO.....	195
Argile.....	318,5	Magnésie MgO.....	1,80
Matières organiques	24	Chlorure de sodium NaCl	0,04
TOTAL....	1.000		

Cette terre se montre riche en azote total, mais, ayant été prise dans une parcelle où s'étaient succédé Blé, Fourrages, Avoine, après la récolte de l'Avoine, elle était pauvre en azote nitrique assimilable. Les autres éléments se trouvent en proportions suffisantes, la potasse est même très abondante; mais l'analyse ne renseigne pas sur leur degré de solubilité.

b) Terre de Sidi-Tabet, plaine, argilo-silico-calcaire, grise, compacte :

FUMURE	POIDS DE LA RÉCOLTE EN GRAMMES			Proportion de grain dans la récolte.	Effets comparatifs des engrais sur le grain.
	ENTIÈRE	GRAIN	PAILLE		
Engrais complet.....	56,25	19,15	37,10	0,34	100
id. sans azote.....	41,70	14,50	27,20	0,35	76
id. sans acide phos..	58	19,27	38,73	0,33	101
id. sans potasse.....	65.70	23,90	41,80	0,36	125
id. sans magnésie...	51,10	17,30	33,80	0,34	90
Sans engrais.....	26,10	7,50	18,60	0,29	32

Le rendement maximum est donné par la formule d'engrais sans potasse, ce qui indique que les éléments chimiques de fertilité ne sont pas en équilibre; il convient d'ajouter à ce sol les autres éléments, particulièrement l'azote et l'acide phosphorique; la magnésie est à essayer.

Cette terre a la composition suivante :

Analyse physique	°/₀₀ de terre fine
Graviers : 0.	—
Sable grossier siliceux...	25
» calcaire...	14
Sable fin siliceux.....	320
» calcaire...	212
Argile, mat. organiques..	429
TOTAL...	1.000

Analyse chimique	°/₀₀ de terre fine
Az.....	1,25
P^2O^5.....	1,20
K^2O.....	9,60
CaO.....	127
MgO.....	3,30
Nacl.....	0,27

Cette terre est presque entièrement formée d'éléments fins qui la rendent difficile à travailler, mais lui assurent une grande fertilité. La nitrification laisse un peu à désirer en hiver parce que la terre est froide et peu aérée.

L'analyse chimique confirme les résultats de l'expérience de culture en bacs : l'azote est en proportion suffisante, mais nitrifie lentement; la teneur en acide phosphorique est satisfaisante; la potasse est en quantité considérable, en grande partie assimilable, en raison de la finesse des particules du sol, contre-indication de l'emploi des engrais potassiques; la magnésie est en petite quantité, son addition peut contribuer à mieux équilibrer la teneur en éléments de fertilité.

c) Terre de Bordj-Toum (dépourvue de calcaire, cas exceptionnel) :

FUMURE	POIDS DE LA RÉCOLTE			Proportion des grains dans la récolte.	Effets comparatifs des engrais sur le grain.
	ENTIÈRE	GRAIN	PAILLE		
Engrais complet.....	31,40	6,88	24,52	0,22	100
id. sans azote.....	28,50	9.60	18,90	0,34	140
id. sans acide phos..	33,75	10,70	23,05	0,32	156
id. sans potasse.....	31,40	7,74	23,66	0,25	111
id. sans chaux.....	20,50	3,15	17,35	0,15	46
id. sans magnésie...	31	7,54	23,46	0.24	110
Sans engrais.....	32,63	10,25	22,38	0,31	149

Cette terre montre un besoin considérable en chaux, puisque la suppression de cet élément dans la formule d'engrais diminue de plus de moitié la récolte (l'analyse ci-après indique l'absence complète de calcaire). Cette terre, à réaction acide, donne le maximum de rendement quand on ne lui fournit pas d'acide phosphorique, mais seulement les bases qui lui font défaut.

Les deux autres formules les plus favorables excluent l'une l'azote, l'autre tous les engrais.

Un tel sol est complètement déséquilibré par l'absence de calcaire, qui empêche les engrais ajoutés de produire un effet utile. Avant tout emploi d'engrais, il est nécessaire d'apporter un amendement calcaire. Eviter surtout les engrais acides, ou tendant à acidifier le sol.

Il faut remarquer que la récolte totale est supérieure, dans cette terre, à celle que donne la terre bien constituée du premier exemple (Service Botanique), mais que la proportion de grain dans cette récolte est très variable; elle n'est normale que dans les trois cas cités plus haut (sans engrais, sans acide phosphorique, sans azote).

Cette terre a la composition suivante :

Analyse physique	‰ de terre fine
Sable grossier siliceux ...	455
» calcaire	0
Sable fin siliceux	197,4
» calcaire	0
Argile, mat. organique ..	347,6
TOTAL	1.000

Analyse chimique	‰ de terre fine
Az	1,47
$P^2 O^5$	1,01
$K^2 O$	11,20
CaO	12
MgO	9,50
NaCl	0,08

Cette terre, qui manque totalement de calcaire, donne cependant une récolte, sans le recours d'aucun engrais. La chaux ne se trouve pas à l'état de carbonate, mais en combinaison avec la silice (silicates) et avec la matière organique (humate de chaux).

La teneur en azote et acide phosphorique est normale. La richesse en potasse est très élevée, presque exceptionnelle. Cette terre n'a besoin que d'un amendement calcaire. Sans cet amendement, les engrais y sont plus nuisibles qu'utiles.

13. **Appauvrissement du sol par les récoltes**

Le Blé puise dans le sol presque toutes les substances (potasse, chaux, magnésie, phosphate, soufre, azote, eau, etc...) nécessaires à sa constitution. Seul le carbone est emprunté à l'acide carbonique de l'atmosphère.

Le sol s'enrichit en azote aux dépens de l'atmosphère, grâce aux microbes fixateurs d'azote libre et aux légumineuses. Tous les autres éléments qui lui sont enlevés par les récoltes sont prélevés sur le stock de matières nutritives qu'il contient; l'importance de ces réserves peut maintenir la fertilité pendant une assez longue période, mais il n'en reste pas moins vrai que cet approvisionnement est limité et

que son épuisement n'est qu'une question de temps. Essayons d'estimer la durée de ce dernier.

En admettant qu'un mètre cube de sol contienne 1.400 kg. de terre sèche, soit 14.000.000 kg. l'hectare sur 1^{m} de profondeur, que l'analyse d'après les méthodes officielles révèle une teneur de 1 % en azote, 0,8 % en acide phosphorique, 2 % en potasse, un hectare renferme, pour la couche de 1^{m} d'épaisseur :

14.000 kg. d'azote,
11.200 kg. d'acide phosphorique,
28.000 kg. de potasse.

Les réserves totales d'acide phosphorique et de potasse sont beaucoup plus élevées parce que les méthodes d'analyse ne dissolvent qu'une partie de ces substances.

Une récolte de 20 quintaux de grain (et la paille correspondante) enlève au sol, au maximum 100 kg. d'azote, 50 kg. d'acide phosphorique, 100 kg. de potasse. Si l'on tient compte des gains d'azote atmosphérique, on peut admettre que les réserves du sol sont théoriquement suffisantes pour quatre siècles, avec assolement biennal.

Dans cette approximation, nous n'avons pas tenu compte de ce que les racines puisent dans la couche du sol au-dessous de 1^{m} de profondeur, ni de la mobilisation progressive des substances fertilisantes engagées dans des combinaisons très peu solubles.

Pratiquement, le danger d'épuisement des terres normalement pourvues de diverses substances fertilisantes est donc à très longue échéance.

Ce qui importe, pour obtenir des rendements élevés, c'est beaucoup moins la richesse globale du sol que la possibilité, pour la plante, de trouver à sa disposition, juste au moment où elle en a besoin, une quantité suffisante d'aliments minéraux solubles, en proportions correspondant à son équilibre physiologique. Les quelques centaines de kilogs d'engrais que nous apportons ne sont rien, quantitativement, à côté des dizaines de milliers de kilogs que contient le sol, mais ils représentent, s'ils restent solubles, une alimentation suffisante, immédiatement disponible.

On comprend toute l'importance de la préparation méthodique du sol, qui maintient l'humidité et la vie microbienne, facteurs principaux de la solubilisation des éléments minéraux et la possibilité constatée, dans tous les pays arides, d'accroître les rendements par la bonne culture, sans apport d'engrais, pendant de nombreuses années.

Dans tous les pays humides, à fortes précipitations, l'azote nitrique est rapidement entraîné hors de la portée des racines et les apports d'azote constituent la base de la fumure. Les sols arides, à faible infil-

tration, sont peu exposés à ces pertes et la bonne culture y maintient une teneur en azote presque toujours suffisante, quand elle n'est pas excessive, les libérant ainsi, en grande partie, d'un apport d'engrais coûteux. L'acide phosphorique et la potasse, fortement retenus par le sol, ont besoin, pour se dissoudre, d'une masse d'eau importante. Ce sont surtout ces substances et plus particulièrement l'acide phosphorique qu'il convient d'apporter aux sols arides pour enrichir la solution du sol à l'époque correspondant aux besoins de la plante.

Les engrais constituent, dans nos pays, une restitution sans grande importance; il faut envisager leur emploi surtout comme moyen de mettre à la disposition des cultures les aliments temporairement nécessaires et immédiatement utilisables.

14. Engrais

Les notions qui précèdent, relatives aux éléments de fertilité, à leur état et à leurs transformations dans le sol, permettent de se rendre compte des difficultés que présente un emploi véritablement judicieux des engrais.

Théoriquement, ces derniers devraient avoir pour but d'établir dans le sol l'équilibre chimique le mieux en rapport avec l'équilibre physiologique ou besoins des plantes. Les proportions respectives des diverses substances assimilables ont autant d'importance que leur quantité absolue et l'excès de l'une d'entre elles peut diminuer le rendement, ainsi que le montrent les deux dernières expériences que nous venons de rapporter.

On ne peut donc que s'en tenir à des généralités sur l'opportunité d'employer tel ou tel engrais, dans un sol, pour augmenter le rendement du Blé. Seule l'expérimentation directe permet de préciser la nature et la proportion des éléments à apporter; il reste, dans la solution de ce problème déjà complexe, un facteur des plus importants et des plus variables, dont nous ne sommes pas maîtres en grande culture, c'est l'humidité du sol. Plus la préparation de ce dernier est parfaite et régularise son approvisionnement en eau, mieux l'efficacité des engrais est assurée.

a) Engrais azotés. — On les divise en trois groupes : engrais nitriques, engrais ammoniacaux; cyanamide et dérivés.

Les engrais nitriques sont représentés par le nitrate de soude du Chili, le nitrate de soude synthétique, le nitrate de chaux, le nitrate de chaux ammoniacal.

Le nitrate de soude (15,5 % d'azote), quelle que soit son origine, se divise, dans le sol, en un ion acide, absorbé par les plantes, pour lesquelles il constitue l'aliment azoté de choix, et un ion basique qui se

combine à l'acide carbonique du sol pour former du carbonate de soude. Nous avons dit que ce sel exagère les défauts de l'argile. Le nitrate de soude ne doit être appliqué qu'en petite quantité et à plusieurs reprises sur les terres fortes. Il convient mieux aux terres arides et aux terres franches.

Sa grande solubilité l'expose à être facilement entraîné dans les couches profondes du sol, hors de la portée des racines, si elles sont peu développées.

Le nitrate de chaux (13 % d'azote, environ 26 % de chaux) abandonne dans le sol sa chaux, qui ne présente pas les inconvénients de la soude et peut être très utile dans les sols acides ou les sols lourds. C'est un produit synthétique, très hygroscopique, livré en barils ou sacs imperméables.

Le nitrate de chaux ammoniacal (14,75 % d'azote nitrique, 0,75 % d'azote ammoniacal, 27,5 % de chaux) est également un produit de synthèse ayant à peu près les mêmes effets que le nitrate de chaux de Norvège.

L'azote nitrique, immédiatement assimilable, est absorbé avidement par le Blé. La végétation de cette céréale en reçoit comme un coup de fouet, qui se manifeste par une croissance rapide, un feuillage très développé, vert foncé.

Nous avons vu que, sous notre climat, la bonne préparation du sol (jachère bien travaillée) accumule dans le sol une quantité d'azote nitrique qui, à l'automne, dépasse beaucoup les besoins des jeunes plantes de Blé. Il n'y a donc pas lieu d'épandre des nitrates à l'époque normale des semailles. Si les pluies d'hiver sont modérées, les nitrates du sol ne descendent que progressivement dans le sous-sol, restant ainsi à la portée des racines, qui se développent assez vite en profondeur. Lorsque les pluies de l'automne et du début de l'hiver se produisent par chutes massives qui lavent les couches superficielles et les refroidissent, les jeunes semis, surtout si l'ensemencement a été tardif, peuvent se développer dans un sol presque dépourvu de nitrate; les plants de Blé sont jaunes et chétifs, se développent lentement. Le cultivateur dit que son Blé souffre du froid et de l'excès d'humidité; en réalité le Blé a faim d'azote et, dans ces cas particuliers, un apport de nitrate peut être très efficace, même à faible dose (25 à 50 kilogs), à l'hectare, pour provoquer le départ de la végétation. Les taches jaunes que l'on observe parfois, en hiver, dans les champs de Blé et qui correspondent à des affleurements calcaires pauvres en matières organiques, friables, légers, se laissant facilement laver par la pluie, peuvent être corrigées par un apport de nitrate limité à ces emplacements.

Ces accidents du début de la végétation du Blé peuvent être plus

marqués encore lorsqu'il s'agit de Blé en deuxième paille, le sol étant moins bien approvisionné en azote nitrique et les semailles souvent tardives, afin d'éviter le développement des mauvaises herbes.

Les engrais ammoniacaux sont surtout représentés par le *sulfate d'ammoniaque* (20 % d'azote), autrefois obtenu en petite quantité par la distillation des eaux vannes et de la houille, aujourd'hui produit abondamment par synthèse (la combinaison des gaz azote et hydrogène fournissant l'ammoniaque, par les procédés Haber et Georges Claude).

Dans le sulfate d'ammoniaque, l'azote se trouve engagé dans un ion basique; la décomposition de cet engrais dans le sol est suivie de la fixation de l'ammoniaque et de la libération de l'acide sulfurique qui se combine aux bases du sol. Le sulfate d'ammoniaque augmente donc l'acidité des sols, tend à mobiliser les bases, en particulier la chaux, qui peuvent être entraînées. Il exerce à l'égard du sol une action inverse à celle des nitrates, il convient aux terres normales et n'est à déconseiller que dans les sols acides ou très pauvres en calcaire et dans les sols sableux ou trop calcaires, surtout s'ils restent secs et chauds. Les expériences faites à Rothamsted ont montré qu'une application de sulfate d'ammoniaque, répétée pendant une longue suite d'années, arrive à décalcifier le sol et qu'un chaulage est alors nécessaire pour rétablir la fertilité.

L'azote, sous la forme ammoniacale, est retenu par le sol et se trouve beaucoup moins exposé à l'entraînement par les pluies que l'azote nitrique. Il est assimilable tel quel par le Blé, mais il est transformé progressivement en nitrate par les bactéries nitrifiantes. Cette transformation est beaucoup plus rapide sous notre climat qu'en France, en raison de la température plus élevée du sol; les effets du sulfate d'ammoniaque en sont accélérés et se rapprochent, comme rapidité, de ceux des nitrates.

La nature physique et la réaction du sol sont, pour nos régions, les considérations essentielles à envisager pour déterminer le choix entre les engrais azotés nitriques ou ammoniacaux.

La cyanamide, ou chaux-azote, est obtenue en faisant passer de l'azote sur du carbure de calcium pulvérisé, chauffé vers 800°. Elle contient 18-20 % d'azote et 60-70 % de chaux. Elle est livrée actuellement en granules, ou en poudre, dans des fûts métalliques. Elle est caustique, ce qui la fait employer pour la destruction des mauvaises herbes et empêche son épandage en couverture. Sa nitrification est d'autant plus rapide que sa chaux est plus rapidement absorbée par le sol. Elle convient surtout aux sols acides; elle est à déconseiller dans les sols sableux, légers, pauvres en matière organique.

L'urée dérive de la cyanamide; c'est une poudre blanche très solu-

ble, dosant 46 % d'azote ammoniacal. Sa grande richesse en azote et sa solubilité la font réserver aux cultures maraîchères et au tabac.

La valeur comparative des différents engrais azotés, en les employant à poids égal d'azote, a été établie comme suit par M. Demolon (1926) par des cultures en vases. Les résultats donnés par le nitrate de soude sont égalés à 100 :

	Avoine		
	Grain	Paille	Moutarde
1. Nitrate de soude	100	100	100
2. Nitrate d'ammoniaque	100	101,5	100,5
3. Nitrate d'urée	102	102,5	104
4. Urée	95	94	92
5. Sulfate d'ammoniaque	93	91	89
6. Témoin sans azote	27	24	31

L'auteur remarque que l'association des deux formes d'azote (nitrique et ammoniacale ou uréique) dans les formules 2 et 3 donne les meilleurs résultats, fait déjà observé par d'autres expérimentateurs.

Il est bien certain que, dans le sol, les deux formes d'azote provenant de la fermentation et de la nitrification des matières organiques existent et sont utilisées conjointement. Il paraît donc naturel de les apporter simultanément dans les fumures azotées. Nous avons vu précédemment que, dans nos sols, la teneur en nitrate est souvent considérable en automne; il semblerait préférable d'apporter de l'azote ammoniacal, si une fumure azotée paraissait utile à cette époque.

Il n'est d'ailleurs guère possible, actuellement, de donner des indications précises sur le choix des engrais azotés en Tunisie, faute de résultats expérimentaux portant sur une assez longue période. Tout ce que l'on peut dire, c'est que la nitrification accélérée des engrais ammoniacaux les rend presque aussi rapidement efficaces que les engrais nitriques.

L'abondance des pluies pendant l'hiver, en lavant les couches superficielles, peut, dans quelques cas, justifier l'emploi d'engrais azotés en couverture, sur du Blé dont le jaunissement traduit la faim d'azote. En fin janvier-début février, l'apport d'azote semble être également utile pour compenser la faible teneur du sol en azote nitrique, qui commence à se manifester à cette époque pour s'aggraver jusqu'en mars.

Ces vues demandent à être confirmées par l'expérience. L'emploi des engrais azotés sur le Blé, en Tunisie, exige toujours beaucoup de circonspection. Nous avons la bonne fortune de voir nos terres s'enrichir beaucoup en azote nitrique, spontanément par la jachère. L'importance et la distribution des pluies d'automne et d'hiver d'une part,

l'aspect de la végétation d'autre part, sont les seules indications pouvant renseigner le cultivateur de Blé sur l'opportunité d'une fumure azotée : elle sera constituée par des engrais nitriques s'il convient d'obtenir une action immédiate et par des engrais ammoniacaux, ou une association des deux formes d'azote, si l'effet doit être échelonné sur une période de quelques semaines. Cinquante kilogs de nitrate de soude ou de sulfate d'ammoniaque à l'hectare sur un jeune semis, 50 à 80 kilogs peu après le tallage, sont les doses à essayer dans les circonstances exposées plus haut.

b) Engrais phosphatés. — Les engrais phosphatés les plus couramment employés sont les phosphates naturels, les superphosphates, les scories de déphosphoration.

Les phosphates naturels sont des phosphates tricalciques. Ils constituent, en Tunisie, des gisements considérables et donnent lieu à une exportation importante. Ils varient quant à leur richesse en acide phosphorique et à leur teneur en calcaire. Plus ils contiennent de calcaire, moins leur acide phosphorique se dissout dans l'eau chargée d'acide carbonique. M. Bertainchant (1913) donne les chiffres suivants pour des phosphates de Tunisie finement broyés, passant au tamis 120, traités par de l'eau carboniquée à 5 atmosphères :

Un phosphate de Gafsa, contenant 11 à 12 % de calcaire, laisse dissoudre 0,128 % de son acide phosphorique; un phosphate de Kalaâ-Djerda, contenant 10 % de calcaire, donne une solubilité de 0,154 %; un échantillon de même origine, dosant 30 % de calcaire, donne une solubilité de 0,005 %.

Dans les sols à calcaire actif, où l'acide carbonique de l'eau passe rapidement à l'état de bicarbonate de chaux, les phosphates naturels, même finement pulvérisés, ne laisseraient dissoudre qu'une quantité infime de leur acide phosphorique. Ces engrais conviennent donc aux terres très pauvres en calcaires et surtout aux terres acides.

Leur mélange au fumier, dont la réaction est alcaline, n'augmente pas leur solubilité.

Il semble toutefois que le dernier mot ne soit pas dit concernant l'emploi des phosphates naturels en Tunisie. Les phosphates tricalciques qui se trouvent naturellement dans le sol sont bien les pourvoyeurs des plantes en acide phosphorique, lorsqu'il n'est pas apporté d'engrais phosphaté. Nous connaissons encore incomplètement le pouvoir d'attaque et d'utilisation des phosphates tricalciques par les microrganismes du sol, dont l'activité est très grande sous notre climat, en raison de la température élevée, lorsque le sol reste suffisamment humide. Cette action, prolongée pendant des mois, s'exerçant sur des particules minérales très fines de phosphate naturel, n'est peut-être pas sans importance. Il y a lieu d'essayer les phosphates

naturels en les appliquant au début de la jachère et en les enfouissant par un labour profond.

Ils n'en restent pas moins un engrais à action lente, devant être employé à dose massive, à réserver surtout aux sols dépourvus de calcaire actif.

Pour rendre soluble l'acide phosphorique des phosphates, on les transforme en *superphosphates* par traitement à l'acide sulfurique. Ce dernier se combine à une partie de la chaux pour donner du sulfate de chaux et le phosphate est amené à l'état monocalcique, sous lequel il est soluble (16-17 %).

Les superphosphates, en raison de leur solubilité, constituent l'engrais phosphaté le plus couramment employé.

Au contact du sol, le phosphate monocalcique se dissout, puis se combine à la chaux du calcaire, à l'oxyde de fer, à l'alumine, pour reformer des phosphates très peu solubles. C'est le phénomène de la rétrogradation. Elle est rapide et ne donne généralement pas le temps à l'acide phosphorique soluble d'être entraîné à quelque distance du point où l'engrais a été déposé. Il importe donc de toujours incorporer le superphosphate au sol par un labour assez profond. L'épandage superficiel diminue considérablement son action. Pour la même raison, il n'y a pas d'inconvénient à employer cet engrais longtemps avant les semailles, les labours successifs assurent une meilleure répartition, les microrganismes l'utilisent et le transforment en matière organique, qui le libérera par sa destruction ultérieure.

Puisque les superphosphates repassent rapidement à l'état de phosphates insolubles, comment peut-on expliquer que leur efficacité soit beaucoup plus grande que celle des phosphates naturels ? Cette différence tient probablement au fait que la précipitation du phosphate soluble à l'état insoluble donne un précipité extrêmement ténu dont la finesse est incomparablement plus grande que celle du phosphate pulvérisé mécaniquement. La solubilisation par les liquides du sol, qui est proportionnelle à l'importance des surfaces de contact, s'en trouve considérablement facilitée. Les particules de phosphates précipités sont certainement des milliers de fois plus petites que celles de la plus fine poussière produite par les broyeurs; elles offrent au contact avec les liquides du sol une surface beaucoup plus grande.

Quelle est la dose de superphosphate à employer pour le Blé ? On peut admettre approximativement que le Blé (grain et paille) enlève au sol à peu près 1 kg. 75 d'acide phosphorique par quintal de Blé récolté, soit, pour une récolte de 20 quintaux de grain à l'hectare, 35 kg. d'acide phosphorique. Il faut 220 kg. de super à 16 % pour fournir cette quantité. Comme il faut compter que l'engrais n'est que partiellement utilisé, il est nécessaire d'augmenter l'apport et l'on

emploie couramment 300 kg. de super à l'hectare sur la sole à ensemencer en Blé.

Bien entendu, tout dépend de la richesse naturelle du sol en acide phosphorique facilement soluble; dans un sol pauvre, on peut aller à 500 kg. de superphosphate. L'acide phosphorique, par son insolubilisation dans le sol, n'étant pas entraîné, ce que l'on peut ajouter en excès reste disponible pour les années suivantes; il n'y a toutefois pas intérêt, au point de vue économique, à dépasser la dose qui correspond aux besoins réels du sol. L'expérimentation seule permet de la fixer dans chaque cas.

On reproche parfois au superphosphate de favoriser l'échaudage du Blé. Il s'agit là d'une action indirecte, qui est commune à tous les engrais. En permettant une végétation plus vigoureuse de la plante, il accroît sa consommation d'eau; si le sol en est insuffisamment pourvu, la récolte peut souffrir de la sécheresse ou des coups de vents chauds, plus qu'une culture médiocrement développée. La cause réelle de l'accident, c'est le manque d'eau. Dans les terres mises au point par une longue période de bonne culture, le super donne au contraire de la précocité au Blé et le rend moins sensible à l'échaudage.

Les *scories de déphosphoration* de la fonte ont une composition assez variable : 8 à 24 % d'acide phosphorique, 30 à 50 % de chaux, 3 à 8 % de magnésie, 12 à 20 % d'oxyde de fer, etc... Elles sont vendues avec une finesse de mouture de 75 à 85 % au tamis de 100. La solubilité de leur acide phosphorique, dans les acides faibles, est beaucoup plus grande que celle des phosphates naturels. Les scories constituent un engrais phosphaté et basique, convenant surtout aux terres acides ou pauvres en chaux. Elles y donnent des résultats parfois équivalents à ceux du superphosphate. On les emploie à la dose de 500 à 1.000 kg. à l'hectare. Il convient de donner la préférence aux scories les plus riches en acide phosphorique.

c) Engrais potassiques. — Les principaux engrais potassiques sont les sels bruts des mines de potasse (sylvinite et kaïnite), le chlorure de potassium et le sulfate de potasse.

La *sylvinite* est le minerai des mines de potasse d'Alsace. C'est un mélange de chlorure de potassium et de chlorure de sodium. Le triage du produit donne *la sylvinite riche* dosant 20 à 22 % de potasse (32 à 35 % de chlorure de potassium) et 50 à 55 % de chlorure de sodium.

La sylvinite présente l'unité de potasse au plus bas prix. En raison du sel marin qu'elle contient, elle doit être employée sur les jachères, avant l'hiver, et enfouie par un bon labour. Au contact du calcaire du sol, le chlorure de potassium donne du carbonate de potasse, qui se fixe sur les colloïdes du sol et du chlorure de calcium, très soluble,

qui est entraîné par l'eau de pluie, en même temps que le chlorure de sodium. Il est évident que la sylvinite ne doit pas être employée dans les terres qui présentent déjà un excès de chlorure de sodium; elle convient surtout aux terres légères, sableuses ou humifères, à la condition qu'elles contiennent du calcaire.

La kaïnite est le sel brut des mines de Stassfurth; elle est formée de chlorure de potassium, de sulfate de magnésie, de quantités variables de chlorures de magnésium et de sodium. Le chlorure de magnésium lui donne une grande hygroscopicité et nuit à la végétation. On le transforme en magnésie calcinée, inoffensive, par calcination au rouge; le produit s'appelle alors kaïnite préparée.

Le chlorure de potassium est extrait des sels bruts précédents et de quelques résidus industriels; il contient généralement 80 à 90 % de chlorure de potassium, soit 50 à 56 % de potasse.

Le sulfate de potasse se prépare par l'action de l'acide sulfurique sur le chlorure de potassium de diverses origines. Il donne l'unité de potasse à un prix plus élevé que les engrais chlorurés et doit être réservé pour les plantes qui redoutent les chlorures, comme le tabac.

Pour que les engrais de potasse, tous très solubles, soient retenus par le sol, il faut qu'ils se transforment, par réaction avec le calcaire, en carbonate de potasse, très énergiquement fixé. Leur acide (chlorhydrique ou sulfurique) se combine à la chaux et le sel formé, surtout s'il s'agit de chlorure, est entraîné par l'eau. Les engrais potassiques ont ainsi une action décalcifiante sur les terres calcaires : 300 kg. de chlorure de potassium font disparaître du sol près de 200 kg. de carbonate de chaux.

Les engrais potassiques donnent de bons effets dans les sols à la fois calcaires, argileux ou humifères, qui déplacent et fixent leur potasse.

Les sols argileux à éléments fins sont généralement bien pourvus en potasse naturelle et réagissent peu aux engrais potassiques.

Beaucoup de sols de Tunisie sont riches en potasse. L'opportunité de l'emploi des engrais potassiques ne peut être déterminée que par une expérimentation méthodique, actuellement à ses débuts.

d) Engrais magnésiens. — La *dolomagnésie* (ou chaux-magnésie), obtenue par calcination des roches dolomitiques, contient 35 à 38 % de magnésie et 55 à 60 % de chaux; elle commence à être essayée en Tunisie.

La magnésie est une base indispensable à la vie végétale, au même titre que la chaux et la potasse. Nous avons indiqué précédemment qu'elle entre dans la composition de la chlorophylle, qu'elle exalte la formation des hydrates de carbone (sucres, amidon). Elle joue,

dans le sol, le même rôle que la chaux : elle forme, avec l'acide phosphorique des superphosphates, un phosphate magnésien ou un phosphate double de chaux et de magnésie, plus facilement solubles et attaquables que les phosphates tricalciques naturels ou rétrogradés.

D'après Dumont, l'addition de dolomagnésie à un sol riche en humus, qui reçoit en même temps du nitrate de chaux et du superphosphate, augmente la teneur de l'eau de lavage du sol en azote nitrique, acide phosphorique, acide sulfurique, chaux, magnésie et potasse. Le carbonate de magnésie jouerait donc un rôle mobilisateur à l'égard de la plupart des éléments de fertilité du sol.

D'après les travaux de I. Woelcker (Londres, 1912), dans un sol contenant plus de chaux que de magnésie, l'apport de magnésie est favorable au Blé. Dès que la proportion de magnésie dépasse celle de chaux, la magnésie devient nuisible, tandis que l'excès de chaux ne l'est pas. La magnésie donnerait aux feuilles de Blé une teinte verte plus foncée, augmenterait le développement des racines, le rendement en paille et grain, la teneur de ce dernier en gluten.

Le sulfate de magnésie a une action moins marquée que la magnésie et son carbonate; le chlorure devient rapidement nuisible.

Ces expériences démontrent le rôle utile de la magnésie dans la végétation du Blé. L'opportunité de l'emploi des engrais magnésiens en Tunisie ne peut être déterminée qu'expérimentalement. Nous manquons encore de données à ce sujet.

c) Engrais mixtes. — Dans les engrais précédents, l'on n'envisage qu'un seul élément fertilisant : azote, acide phosphorique, potasse ou magnésie; la chaux, la soude, l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique, etc., qui sont combinés à cet élément, sont considérés comme n'ayant qu'une importance accessoire. Beaucoup d'engrais renferment plusieurs éléments de fertilité. Tels sont les engrais organiques (fumiers, guanos, déchets divers), des combinaisons chimiques ou des mélanges artificiels. Dans le but d'obtenir des engrais très condensés, exempts, autant que possible, de substances à peu près inutiles, l'industrie des engrais s'oriente vers la préparation d'engrais complexes contenant deux ou trois des éléments azote, phosphore et potassium.

Il ne saurait entrer dans le cadre de ce travail de passer en revue ces engrais mixtes. S'ils ont l'avantage d'éviter le transport d'éléments inutiles, ils ont l'inconvénient de rendre plus difficile l'enrichissement des sols d'après leurs besoins particuliers. L'insuffisance actuelle de nos connaissances sur les facteurs chimiques limitant la fertilité des sols de Tunisie ne nous permet pas d'indiquer des directives concernant l'emploi des engrais mixtes commerciaux.

Parmi les engrais mixtes, une mention spéciale doit être réservée au *fumier de ferme*.

Dans les pays humides, cet engrais constitue la base de toute fumure et fut, pendant longtemps, le seul moyen de restitution au sol des éléments enlevés par les récoltes; on n'y conçoit pas l'agriculture sans fumier.

En Tunisie, il n'y a guère d'exploitations où l'on emploie le fumier de ferme, et la grande généralité des terres n'en reçoit jamais. La fabrication d'un bon fumier est plus difficile, en raison de la sécheresse et de la température; le transport et l'épandage sont onéreux; la quantité produite est très faible en raison de la culture mécanique.

Nous avons déjà dit que cette absence de fumier a beaucoup préoccupé les premiers colons, surtout lors de l'adoption de la jachère biennale, qui détruit toute végétation pendant dix-huit mois et ne laisse dans le sol, comme matière organique, que les racines des céréales et les chaumes, quand ces derniers ne sont pas incinérés.

Le fumier que nous pourrions faire en Tunisie serait toujours très insuffisant comme quantité et pauvre en azote. Il apporterait surtout au sol de la matière organique utile dans les terres lourdes ou trop légères.

Nous avons vu qu'elle est indispensable pour fournir aux microrganismes du sol leur nourriture carbonée et l'énergie nécessaire à leur fonctionnement. Malgré l'absence d'apport de carbone pour remplacer celui qui s'échappe du sol à l'état d'acide carbonique, les rendements des terres bien constituées et bien cultivées ne faiblissent pas. Il est toutefois nécessaire d'étudier expérimentalement le régime du carbone afin de savoir s'il est vraiment utile d'envisager des fumures carbonées. A défaut de fumier de ferme, si le besoin en était démontré, il faudrait chercher le moyen d'incorporer au sol les importantes quantités de paille qui sont perdues dans la plupart des exploitations.

On reproche au fumier, en Tunisie, de salir les terres de mauvaises herbes, de pousser le Blé à une trop forte végétation, qui détermine la verse ou l'échaudage. Le fumier, pour ces raisons, ne doit être employé qu'à petite dose, 10.000 kg. à l'hectare au plus, de préférence sur les fourrages ou au début de la jachère. Il doit être bien décomposé, sinon il soulève la terre, la rend creuse, se dessèche sans pourrir et provoque la dessiccation du sol.

Son emploi est très indiqué sur les taches de terre blanche qui se montrent souvent dans les endroits où l'on a extrait le tuf. Il modifie heureusement la composition de ces parties trop calcaires et trop légères en leur fournissant de l'humus.

Le problème du régime du carbone dans le sol s'impose aux agronomes nord-africains; son étude nous fixera sur l'utilité d'une restitution complémentaire par des fumures organiques.

D. TRAVAUX DE SEMAILLES

Le rendement d'une culture de Blé dépend, pour une assez large part, de la bonne exécution des semailles et de la réussite de la levée. Il importe, plus qu'on ne le pense généralement, d'apporter le plus grand soin à la bonne répartition des semences dans le sol.

Nous avons déjà insisté sur les travaux de préparation du sol destiné à être ensemencé en Blé; il reste à indiquer comment on choisit de bonnes semences, à fixer la densité à donner au semis et les modes d'exécution de ce dernier.

15. Choix des semences

Nous avons vu, au chapitre de l'Amélioration du Blé, les facteurs qui déterminent le choix des variétés à cultiver dans chaque région et l'avantage que présente la culture de variétés pures. Il ne s'agit ici que du choix des semences appartenant à la variété adoptée.

Il est de toute évidence que la meilleure semence est celle qui présente une faculté germinative aussi complète que possible et dont tous les grains sont aptes à donner une plante normale.

Les semences contiennent toujours une certaine quantité d'impuretés : débris de pailles, balles, graines de plantes étrangères, semences de Blé d'une autre variété, grains cariés, grains cassés, particules de terre ou de pierre.

Pour maintenir à l'état de pureté la variété que l'on cultive, il est nécessaire de consacrer une parcelle spéciale à la production de la semence, au lieu de prélever cette dernière sur l'ensemble de la récolte. Cette parcelle, semée de préférence dans une terre bien préparée, propre, à l'époque la plus convenable, épurée, s'il est nécessaire, des épis étrangers provenant de mélanges accidentels, donnera une récolte de choix, qui sera battue à part et conservée dans les meilleures conditions.

Si le grain est normal, il n'est pas toujours indispensable de le trier, un simple tararage suffit. Parmi les graines étrangères, il en est qui appartiennent à des plantes adventices qui ne sont nuisibles que par la concurrence qu'elles font au Blé (vesces, tétragnolobe, buplèvre, faux fenouil, alpiste, folle avoine, etc...); si elles sont peu nombreuses, 1/2 % par exemple, ce ne sont pas 500 gr. de ces graines à l'hectare qui changeront beaucoup la flore de mauvaises herbes de la future récolte, à moins que l'on ne sème dans des terres parfaitement propres.

D'autres espèces sont beaucoup plus à redouter, parce que leur

mélange au Blé en diminue beaucoup la valeur marchande (orge, fenugrec, mélilot). Il importe de les enlever complètement de la semence par le passage au trieur, ce qui est d'ailleurs difficile pour les graines de fenugrec.

Quant aux grains cassés, ils représentent simplement une perte sèche correspondant à leur valeur comme aliment du bétail; leur récupération ne paie les frais de triage que s'ils se trouvent en forte proportion dans la semence.

Le trieur permet aussi de calibrer les grains suivant leur grosseur et de les diviser en plusieurs catégories. Il est encore courant d'entendre conseiller de semer de préférence les grains de gros volume. De nombreux essais nous ont permis de constater et nous autorisent à affirmer que, sous notre climat, il n'y a aucun avantage à faire ce choix. *Tout grain sain, quel qu'en soit le volume, peut donner un pied de Blé normal.*

Trier la semence pour enlever les graines étrangères et récupérer les grains cassés est une opération utile, parfois nécessaire; séparer les semences suivant leur volume ne présente aucun intérêt, c'est pur gaspillage.

Nous considérons comme beaucoup plus efficace, pour obtenir une semence de choix, de la prélever sur un champ à part, ayant reçu, comme nous l'avons dit plus haut, tous les soins désirables pour éliminer de la récolte toutes les impuretés, quelles qu'elles soient.

Le Blé conserve sa faculté germinative intacte pendant plusieurs années, s'il est récolté bien sec et conservé à l'abri de toute humidité. Si la récolte est faite à la moissonneuse-batteuse, il est à recommander de récolter la parcelle destinée aux semences lorsque toute rosée a disparu et de conserver les grains en sacs, plutôt qu'en vrac dans un magasin ou un silo. L'entassement de grosses masses de grain n'a aucun inconvénient, pour leur faculté germinative, si ce grain est bien sec. S'il est un peu humide, il peut subir un échauffement suffisant pour tuer une partie des germes (nous en avons constaté des exemples en Tunisie).

Il va de soi que les semences doivent être conservées à l'abri des insectes des greniers : charançons, alucites, teignes, etc..., dont nous parlerons au chapitre des Ennemis du Blé (vol. II), qui détruisent les grains. Les dégâts de la teigne risquent surtout de passer inaperçus; la larve, qui circule dans les tas de Blé ou dans les sacs, ne mange que l'embryon des grains et ce dommage, qui enlève toute valeur à la semence, n'est pas très visible si l'on n'examine pas le grain avec attention. La présence de la teigne se reconnaît facilement aux filaments qui réunissent les grains comme une toile d'araignée.

S'assurer de bonnes semences est une condition essentielle pour

obtenir un bon rendement; on ne saurait apporter trop de soin à leur production et à leur conservation.

Avant d'être confiées au sol, les semences de Blé doivent être traitées préventivement contre la carie (voir au chapitre des Ennemis du Blé, vol. II). Le traitement, peu coûteux, d'exécution facile surtout depuis l'emploi des poudres, ne doit jamais être négligé, même si les semences paraissent complètement indemnes. Certaines poudres à base de chlorure cuivrique (chlorocuprine) sont assez efficaces pour que l'on puisse utiliser comme semences, même des grains mouchetés, si le poudrage est bien fait.

Le traitement avec des solutions de sulfate de cuivre ou de formol nous paraît devoir être complètement abandonné, en raison de la proportion élevée de grains endommagés au battage, dans nos régions sèches, et qui sont tués par les solutions anticryptogamiques. Cette perte, difficile à apprécier par un cultivateur désireux de la compenser par l'augmentation de la quantité de semences, atteint parfois 40 %. Elle est la cause de beaucoup de levées claires, donnant des rendements médiocres. Les traitements par les poudres cupriques, outre leur facilité d'exécution, présentent le grand avantage de respecter la faculté germinative des semences lésées au battage.

16. Densité du semis

Elle doit être calculée de manière à donner à la récolte la densité d'épis correspondant au rendement maximum. La densité de la récolte est facile à connaître. Si l'on compte les épis sur un mètre carré, dans les meilleures parties d'un champ de Blé, on en trouve 250 à 300 pour les Blés tendres, 200 à 250 pour les Blés durs. Certains Blés tendres peuvent donner 500 et même 700 épis au mètre carré.

Un épi de Blé tendre comporte en moyenne 20 à 22 épillets fertiles contenant chacun deux ou trois grains. Ce nombre de graines est plus grand (3 à 4 en moyenne) chez les Blés hybrides prolifiques à épis carrés. Chaque épi produit donc de 40 à 50 grains.

Le poids moyen de 100 grains chez les principaux Blés tendres cultivés en Tunisie varie de 3 à 4, 5 grammes.

De nombreuses pesées nous ont montré que 100 épis contiennent en moyenne 175 gr. de grains.

Un mètre carré portant 250 à 300 épis donne 430 à 520 grammes de grain, ce qui correspond à 43 à 52 quintaux à l'hectare.

Ces chiffres n'ont rien d'exagéré; ils doivent être considérés comme une moyenne et non comme un maximum théorique. Ils sont d'ailleurs largement dépassés dans la pratique, tant comme nombre d'épis

au mètre carré que comme poids moyen de grain dans un épi. On cite des rendements de 60 et même de 72 quintaux de Blé tendre sur des parcelles de plusieurs hectares.

Comment se fait-il que, même dans les récoltes les meilleures, nous soyons loin d'atteindre de semblables rendements ? Uniquement parce que la densité de nos cultures n'est pas régulière, parce qu'elles présentent des vides et des parties trop claires.

Il n'y a pas de gros rendements sans une parfaite régularité et une densité suffisante de la récolte. Il est de toute évidence que ces conditions requièrent une grande régularité et une densité suffisante du semis.

Les travaux de semailles nous apparaissent comme ayant une importance primordiale dans le résultat final de la culture.

Pour déduire, de la densité d'une bonne récolte, celle du semis qui lui correspond, il faudrait connaître :

1° la proportion de la semence, confiée au sol, qui germe, et le nombre de pieds de Blé qui arrivent à leur complet développement;

2° le tallage moyen par pied (nombre d'épis).

Ces deux éléments du problème sont difficiles à déterminer parce qu'ils varient beaucoup suivant les circonstances.

La semence, même triée, contient, lorsqu'elle provient de Blé battu mécaniquement, un certain nombre de grains cassés, dont la proportion est souvent de 3 à 5 %, inaptes à la germination. Sous notre climat, le battage, s'effectuant en plein été, par temps chaud et sec, blesse un assez grand nombre de grains. L'examen à la loupe permet de constater des fissures, surtout chez le Blé dur, des déchirures des téguments, l'écrasement et même l'arrachement de l'embryon.

Nous avons trouvé, dans un lot de semences de 1930, 25 % de grains dépourvus d'embryon, par suite du passage du grain dans l'ébarbeur de la batteuse. Il vaut mieux laisser dans la semence des grains vêtus que de passer le Blé à l'ébarbeur.

Tous les grains endommagés au battage risquent d'être perdus pour la germination; même lorsque la blessure n'intéresse que les téguments, elle découvre les réserves d'amidon et de gluten, qui deviennent un excellent milieu de culture pour les moisissures et les bactéries du sol et le grain pourrit presque toujours sans germer, surtout s'il est enfoui un peu profondément.

Le traitement des semences contre la carie par les solutions de sulfate de cuivre ou de formol détruit également la faculté germinative des grains entamés; les poudres, dont l'usage se généralise, sont beaucoup moins nocives.

Il faut encore compter avec les oiseaux et les insectes granivores (alouettes, moineaux, pigeons, fourmis, etc...) et parfois avec les rongeurs, qui mangent ou emportent une partie des semences et prélèvent sur elles une forte dîme.

Tous les grains qui germent n'arrivent pas à donner un pied de Blé. La profondeur de leur enfouissement influe beaucoup sur la levée. Tant que le germe n'atteint pas la surface, tant qu'il végète à l'abri de la lumière, il est incapable de s'accroître aux dépens des éléments du sol et de l'atmosphère; il se développe grâce aux réserves contenues dans la graine. Mais ce magasin de vivres est assez restreint; si le grain est trop loin de la surface, le germe épuise ses provisions avant d'arriver au jour.

La germination est aussi une période de respiration très active pour la plantule qui se développe; il est nécessaire que l'accès de l'oxygène de l'air soit facile jusqu'à la profondeur où se trouve la graine. Cette condition, convenablement remplie dans un sol meuble, au début de la période des semailles, n'est pas toujours réalisée lors des semis tardifs, germant dans un sol un peu argileux gorgé d'eau par les pluies; beaucoup de germes meurent alors, asphyxiés. Aussi, les semailles tardives exigent-elles plus de semence et un enfouissement plus superficiel que les semailles précoces.

Un certain nombre de pieds de Blé disparaissent au cours de leur végétation. Certains oiseaux, comme les alouettes, sont friands des jeunes germes qui pointent hors du sol; ils les mangent, parfois en arrachant le grain; des animaux souterrains (vers blancs, vers gris, anguillules), des champignons, etc..., détruisent un certain nombre de pieds dès le début de leur développement.

Enfin, les pieds trop rapprochés les uns des autres se nuisent réciproquement et la concurrence qui s'établit fait disparaître ceux qui se trouvaient les moins favorisés.

Il faut donc compter sur un énorme déchet dans les semences de Blé que nous confions au sol; il n'y en a guère, généralement, que la moitié ou même le tiers qui donnent un pied de Blé.

Cette perte considérable est heureusement compensée par le fait que chaque grain qui germe donne plusieurs tiges. Nous avons vu, au paragraphe consacré à l'étude du tallage, qu'il faut toutefois se garder d'illusions au sujet de cette faculté de ramification du Blé. En semant les grains à 10^{cm} en tous sens, soit 100 grains au mètre carré, on n'obtient guère plus de 250 tiges en moyenne sur cette surface, soit un tallage de 2,5. Il faut qu'un pied de Blé soit assez éloigné de ses voisins pour qu'il talle plus abondamment. Le tallage peut corriger partiellement les irrégularités du semis ou de la levée, mais il ne

faut pas compter sur lui pour diminuer la quantité de semences à employer à l'hectare.

Pour avoir 250 épis au mètre carré, il faut 100 pieds, soit 100 graines qui réussissent et environ 250 grains de semences, pesant 10 grammes en moyenne, soit 100 kg. de semences à l'hectare. Cette quantité doit même être augmentée et portée à 120 kg. pour les semailles tardives.

Ces chiffres conviennent aux terres bien approvisionnées en eau, soit par des pluies abondantes, soit par une excellente préparation. Après une assez longue période de tâtonnements, avec des quantités plus faibles de semences (60-80 kg.), les agriculteurs du Nord de la Régence sont arrivés à reconnaître les avantages des semis à 100-120 kg. Ils sont le meilleur moyen de lutter contre le développement des mauvaises herbes et se montrent seuls susceptibles de donner des rendements élevés.

D'autres considérations doivent toutefois intervenir dans la détermination de la quantité de semences à employer à l'hectare : la fertilité du sol et son approvisionnement en eau, l'époque des semailles, la nature de la variété de Blé.

A mesure que l'humidité du sol diminue, ses facultés productives se réduisent et il devient nécessaire de diminuer la quantité de semence à l'hectare. Le calcul qui conduit à fixer à 100 kg. le poids de semence permettant d'obtenir 20-25 quintaux indique que 50 kg. sont suffisants si le maximum à espérer ne dépasse guère 10 à 12 quintaux et 35 kg. environ pour 7 à 8 quintaux de récolte.

Dans les régions sèches, le facteur limitant essentiel est l'eau; rien ne sert de confier au sol des semences qui donneront des plantes ne pouvant pas arriver toutes à leur complet développement et se nuisant mutuellement par un gaspillage trop rapide de l'eau du sol. Le Blé possède heureusement, par ses facultés de tallage, d'autant plus grandes que l'on descend plus au Sud, le moyen de proportionner, dans une certaine mesure, le nombre de tiges par unité de surface à l'approvisionnement du sol en eau. Si les pluies sont rares, il ne talle pas et chaque grain donne une tige portant un maigre épi; si les pluies sont abondantes, le Blé talle proportionnellement et le rendement augmente. Remarquons en passant que l'orge est, à ce point de vue, encore plus remarquable que le Blé et mieux adaptée aux régions très sèches.

L'époque d'exécution des semailles détermine dans une certaine mesure la quantité de semence à employer. Nous avons vu, en étudiant le tallage, que les semailles précoces, en terre encore chaude, lorsque les premières pluies sont assez peu abondantes pour ne pas refroidir brusquement le sol, disposent le Blé à un développement précoce du système radiculaire et à un bon tallage. Les semailles

tardives, en sol froid fortement humide, ralentissent au contraire le premier développement du Blé et réduisent le tallage. La quantité de semence doit varier en conséquence : 100 à 120 kg. dans le Nord de la Tunisie entre début novembre et fin décembre.

Les diverses variétés de Blé ne présentent pas, sous le rapport du tallage, des différences aussi importantes que celles qu'on leur attribue généralement. Lorsqu'on les cultive à 10^{cm} en tous sens, densité normale du semis en grande culture (100 pieds au mètre carré), on observe que le tallage oscille autour de 2,5 sans présenter d'écarts marqués suivant les variétés.

Les Blés tendres très précoces sont cependant considérés comme tallant moins que les autres et exigeant un semis plus épais. Cette infériorité ne se manifeste que lorsque ces Blés sont semés trop tôt; leur grande précocité les incite alors à monter immédiatement sans taller. Il convient de ne pas les semer avant la deuxième quinzaine de novembre, leur tallage est alors normal.

17. Modes d'exécution des semailles

On répand les semences de Blé, soit uniformément à la surface du sol (semailles à la volée), soit en lignes qui peuvent être régulièrement ou irrégulièrement espacées, soit en bandes séparées par des intervalles libres.

Chacune de ces méthodes a ses avantages et ses inconvénients, la réussite dépend de l'application judicieuse qui en est faite.

La semaille à la volée est effectuée soit à la main, soit au moyen de semoirs. Beaucoup d'ouvriers indigènes sont assez bons semeurs à la main. L'emploi du semoir est toutefois préférable parce qu'il permet de mieux contrôler la quantité de semences employées à l'hectare, d'assurer une répartition plus régulière. Dans la semaille à la main, le grain, projeté assez loin par le semeur, rebondit sur le sol et finit par s'accumuler dans les petites dépressions du terrain, à moins que celui-ci n'ait été bien nivelé par un hersage préalable. Avec le semoir à la volée, le grain tombe d'une faible hauteur et ne rebondit guère.

Sous bénéfice de ces réserves, le semis à la volée conduit théoriquement à la meilleure utilisation du sol puisque les plantes sont suffisamment espacées les unes des autres pour ne pas se concurrencer.

Le grain répandu à la surface du sol doit être enfoui par une façon qui retourne ou remue la terre et qui peut être effectuée au moyen de la charrue simple, du polysoc, des appareils à disques (pulvériseurs ou polydisque), du cultivateur à dents vibrantes ou de la herse.

Aucun de ces appareils ne permet de régler uniformément la pro-

fondeur d'enfouissage des semences. Les unes sont près de la surface et même à découvert, d'autres sont enterrées à toute la profondeur atteinte par les instruments. Aussi le semis à la volée est-il le mode d'exécution des semailles qui conduit au plus grand gaspillage des semences, les unes étant laissées à la merci des oiseaux et des insectes, d'autres enfouies trop profondément pour lever. La charrue arabe, en sol légèrement humide, le trisoc ou le polydisque bien réglés présentent cet inconvénient au moindre degré; le pulvériseur à disques et les instruments à dents fournissent un travail beaucoup plus irrégulier.

Lorsque le semis à la volée est bien exécuté et donne une levée régulière, la bonne distribution des plantes sur toute la surface du sol permet au Blé de mieux se défendre contre les mauvaises herbes. Toutefois, il ne faut jamais, sous prétexte que le labour d'enfouissement constitue une façon préparatoire, semer sur un sol déjà envahi par l'herbe. La végétation ne peut alors être enfouie par un labour superficiel; elle empêche le contact de beaucoup de graines avec la terre, laisse celle-ci creuse, impropre à assurer une bonne germination. Une semblable pratique n'aboutit généralement qu'à un demi-échec.

Si le semis à la volée est étouffant pour les mauvaises herbes, il l'est aussi pour le Blé. Dans une bonne terre, avec une levée régulière d'un semis hâtif, le sol est rapidement couvert, la base des tiges, privée de lumière, s'étiole, perd sa turgescence, et le Blé verse en herbe.

Ce mode d'exécution des semailles est celui qui demande le moins de matériel; à ce point de vue, il se recommande aux débutants, dont les terres sont encore insuffisamment préparées et nettoyées.

Les semailles en lignes régulièrement espacées s'effectuent au moyen des semoirs en lignes, à socs ou à disques. Les premiers ne fonctionnent bien que dans une terre très ameublie, dépourvue de mottes; les seconds présentent l'avantage d'accomplir, en même temps que la semaille, un excellent ameublissement du sol et peuvent travailler dans des terres un peu motteuses. L'écartement à donner aux lignes a beaucoup préoccupé les agriculteurs de France et sa détermination a fait l'objet de nombreuses expériences. Si la culture du Blé ne doit pas être binée mécaniquement, ce qui est la règle en Tunisie, il n'y a aucun inconvénient à rapprocher les lignes et à semer plus clair sur la ligne, puisque la répartition de la semence est plus régulière.

Pratiquement, la distance entre socs ou disques ne peut guère être inférieure à 15^{cm}, pour des raisons de construction des appareils; d'autre part, la multiplicité des socs ou disques augmente le prix de l'appareil et l'effort de traction.

L'écartement peut varier entre 15 et 25^{cm}, en Tunisie, sans influencer le rendement.

Avec les lignes rapprochées, les pieds sont plus espacés sur la ligne, se gênent moins, le sol est plus rapidement couvert par le Blé, qui étouffe la mauvaise herbe. Avec les lignes plus écartées, en terre très propre, la base des tiges reste plus longtemps exposée à la lumière, ce qui évite la verse en herbe.

Le principal avantage du semoir en lignes est d'enfouir régulièrement la semence et de supprimer les pertes, inévitables avec les semailles à la volée. Toutefois, l'enfouissement n'est uniforme que si le sol est très bien préparé; des mottes dures font sauter les socs, remonter les disques; des parties trop ameublies laissent pénétrer ces organes trop profondément. Lorsqu'on sème en terre sèche, poussiéreuse, il est bon de rouler préalablement le sol avec un rouleau squelette ou un rouleau ondulé, afin de régulariser la pénétration des organes d'enfouissement des semences. Le réglage des contre-poids des socs, des ressorts ou autres systèmes d'enterrage des disques doit être fait de manière à ne pas dépasser 6 à 7^{cm} de profondeur.

Il est facile de constater que la levée des semis en lignes se fait plus vite que celle des semis à la volée et que la croissance est plus rapide au début du développement. Cette sorte d'entr'aide que se prêtent les jeunes plantes voisines s'explique par la production, dans les régions de croissance des racines, de phénomènes d'excitation, encore mal connus, qui permettent aux plantes voisines de réagir les unes sur les autres.

Le semis en lignes est le complément indispensable de la bonne préparation du sol; il fait partie de la méthode de culture intensive; le semis à la volée doit être réservé pour la culture extensive, sur des terres qui ne sont pas encore au point, lorsqu'il s'agit de réduire les frais exposés, plutôt que d'obtenir de hauts rendements.

La disposition des pieds de Blé en lignes laisse des intervalles, libres tant que la céréale ne couvre pas le sol, dans lesquels l'herbe a tendance à se développer. Il ne peut être question, même pour des lignes espacées de 25^{cm}, de biner les intervalles au moyen de houes attelées. Dans l'espoir de permettre ce binage, il a été essayé *des semis en lignes irrégulièrement espacées*. Nous avons expérimenté, en grande culture, pendant plusieurs années, un semis en lignes jumelées : deux lignes rapprochées à 10^{cm}, avec intervalle de 40^{cm}, afin d'obtenir un écartement moyen de 25^{cm}. Le rendement n'est pas affecté par cette disposition irrégulière et le binage des intervalles de 40^{cm} est pratiquement possible avec des houes travaillant plusieurs rangs; lorsque l'hiver est sec, le binage s'exécute facilement, surtout si le premier passage de la houe peut avoir lieu dès que les lignes sont levées, lors-

que l'herbe est elle-même très peu développée. Ces conditions sont loin d'être toujours remplies; les pluies empêchent souvent de biner et l'herbe se développe vigoureusement dans les intervalles, au point, s'il s'agit de crucifères à croissance rapide, de masquer les doubles lignes de Blé et de les étouffer partiellement. Le binage est rendu très difficile; les herbes se coupent mal, bourrent l'appareil; l'attelage et l'ouvrier piétinent un sol humide et l'opération est tout à fait désastreuse. Même lorsque le binage s'effectue dans les meilleures conditions, il doit être répété deux et souvent trois fois. Il tasse le sol et, sous le mulch superficiel, il se forme des crevasses profondes qui suivent les interlignes et rompent les racines. Ce sol durci ne peut plus être labouré, après la moisson, sans donner de très grosses mottes.

Ces inconvénients nous ont fait abandonner toute idée de biner les céréales et nous considérons que le semis en lignes espacées ou jumelées, en vue de ce binage, n'a pas de raison d'être dans les régions à hiver humide.

Dans les régions sèches, où le binage est toujours possible, il peut y avoir intérêt à faciliter cette opération par *le semis en bandes* séparées par des intervalles assez larges. Dans ce cas, les bandes, semées en plein, ont une largeur de $0^m 50$ à 1^m, de même que les intervalles. Ceux-ci peuvent être facilement entretenus propres au moyen de houes de tout système et même à la charrue.

Cette méthode, appliquée et préconisée, en Algérie, par M. Bourdiol, n'a pas été adoptée en Tunisie. Si elle est sans intérêt pour la région Nord, elle mériterait d'être sérieusement essayée dans le Centre et le Sud. Au lieu de disperser une petite quantité de semence de 35 à 50 kg. sur toute la surface et d'abandonner le champ à lui-même, il semble qu'il serait plus logique de grouper la semence sur la moitié de la surface du champ, représentée par les bandes, et de cultiver l'autre moitié pour y maintenir le peu d'humidité que contient le sol. Les racines du Blé se développeraient certainement pour occuper, en profondeur, les intervalles libres, à la condition que leur largeur ne dépasse pas un mètre, ce qui ferait vivre la récolte aux dépens de tout le champ, tout en profitant d'une plus grande quantité d'humidité.

Comme la préparation insuffisante des terres en culture indigène les place en milieu beaucoup moins humide que les terres en culture européenne, cette méthode pourrait être appliquée aux cultures indigènes de Blé dans une bonne partie du Nord de la Régence. Le fellah est à même de réaliser ce dispositif avec son matériel aratoire rudimentaire. Il lui suffirait de semer à la main, sous raie, trois ou quatre sillons consécutifs et de laisser le même nombre sans semence. Bien entendu, les bons effets de cette méthode sont subordonés à la

condition de labourer plusieurs fois les intervalles, pendant la durée de la végétation. C'est là un travail supplémentaire, mais il est probable que si les cultivateurs indigènes voulaient s'y astreindre, ils auraient des récoltes résistant mieux à la sécheresse, de rendement plus élevé et des terres à Blé de plus en plus propres, dont la fertilité irait croissant.

L'expérimentation de cette méthode ne tarderait pas à fixer, pour les différentes régions, les largeurs respectives des bandes semées et des intervalles, qui peuvent être égales ou inégales. Cette amélioration est une des rares qu'il soit possible d'envisager avec la simple charrue arabe, sans grever la culture d'autres frais que de quelques journées de travail supplémentaire.

18. Epoque des semailles

Un certain nombre de considérations influent sur la fixation de la date des semailles : l'état de préparation du sol, son approvisionnement en humidité, la précocité des variétés semées, leur résistance à la verse.

Il y a dix ans, les agriculteurs travaillant bien leurs terres considéraient que les semailles faites de bonne heure, fin octobre ou début de novembre, donnaient les meilleurs rendements. L'idéal était d'avoir ses semences de Blé en terre lorsque surviennent des pluies de novembre.

Le développement considérable des moyens mécaniques de culture, depuis la guerre, a eu pour conséquence : 1° une grande augmentation de la fertilité du sol, grâce à des façons culturales nombreuses, exécutées au moment le plus opportun; 2° la possibilité d'effectuer rapidement les semailles sur des terres bien préparées. Il en est résulté, dans un assez grand nombre d'exploitations, que le Blé semé de bonne heure, en terre riche, prenait un développement exagéré l'exposant souvent à la verse. Faute de posséder des variétés suffisamment résistantes, il fallut retarder les semailles pour freiner un peu la végétation. Le remède à cette situation est l'obtention de variétés ne craignant pas la verse. Un Blé dur, le Sbéi 202, présente un certain degré de résistance, mais encore insuffisant; de nouveaux Blés tendres, issus d'hybridations, semblent devoir mieux répondre à ce desideratum et sont actuellement à l'essai.

Certains Blés tendres très précoces (Florence, Irakié, Florence × Aurore, Pusa × Florence, etc...) s'accommodent mal de semailles précoces. Nous avons dit précédemment que ces Blés, semés au début de novembre, ont tendance à monter sans taller et épient dès janvier, ce qui est très préjudiciable à leur rendement; ils ne doivent pas

être semés avant la deuxième quinzaine de novembre dans le Nord de la Tunisie et conviennent mieux que tous les autres pour les semailles tardives (décembre).

Le Blé tendre Richelle 110, demi-hâtif, doit, par contre, être semé aussitôt que possible, sa croissance étant très lente au début et souffrant beaucoup du froid et de l'humidité hivernale.

Les autres Blés tendres (Mahon, Baroota) et les Blés durs, à période de végétation assez longue, gagnent à être semés le plus tôt possible.

Dans les régions voisines du littoral Nord de la Tunisie (Khroumirie, Mogods, Nefzas), la culture du Blé est gênée par les abondantes pluies de l'hiver, qui saturent le sol d'eau pendant plusieurs mois. Il y aurait lieu d'essayer, dans ces régions, la culture des Blés tendres très précoces, en les semant au printemps (fin février, début de mars). Leur très courte période de végétation leur permettrait probablement d'arriver à maturité et de donner un rendement intéressant, si la rouille ne leur cause pas trop de dommages.

Dans le Centre et le Sud, l'époque des semailles est souvent réglée par la pluie, surtout dans les cultures indigènes. Le fellah attend une première pluie pour labourer et le plus souvent une seconde pluie pour semer. Beaucoup de semailles sont effectuées trop tardivement pour que le Blé puisse se développer complètement avant la sécheresse et les récoltes normales deviennent une trop rare exception.

Cette pratique résulte de la nécessité d'attendre que la pluie ait rendu le sol attaquable par l'araire arabe et aussi de faire lever et de détruire les mauvaises herbes annuelles que ne combat aucune jachère.

Les colons installés dans ces régions, où la culture du Blé est très aléatoire, règlent différemment leurs semailles. Lorsqu'une année présente des pluies intéressantes, quelle qu'en soit l'époque, ils s'efforcent, par des façons culturales appropriées, de conserver l'humidité dans leurs jachères. Si ces dernières présentent à l'automne, en profondeur, un approvisionnement d'eau jugé satisfaisant, elles sont semées de bonne heure, même en terre sèche, avant toute pluie. Le Blé lève à la première pluie et profite ainsi de la totalité des précipitations de la fin de l'automne, de l'hiver et du printemps, qui viennent s'ajouter à l'eau conservée dans le sol. Le Blé a le maximum de chances de disposer d'une période suffisamment longue pour végéter normalement et mûrir. L'importance des ensemencements dépend de l'eau tombée pendant l'année de jachère, tandis que l'Indigène sème d'autant plus de terrain qu'il pleut davantage pendant la période de semailles. Les ensemencements pratiqués de bonne heure, en sec, ont en outre l'avantage de laisser au colon son temps et ses attelages libres pour faire des labours de jachère, dès les premières pluies.

19. Travaux complémentaires des semailles

Il est bon que le terrain semé en Blé présente une surface aussi bien nivelée que possible; le passage des instruments de récolte en sera grandement facilité; de plus, la répartition de l'eau de pluie est meilleure à la surface d'un sol plan. Lorsque les semailles sont exécutées au semoir en lignes après une bonne préparation du sol, il n'est besoin d'aucune façon complémentaire. Si l'enfouissement des semences a été fait avec des instruments de labour (charrues, polysocs, pulvériseurs à disques, polydisques), le champ présente des ados et des dérayures. Il est bon de les niveler par un hersage avec une forte herse à dents; cette opération peut être exécutée aussi bien en terre fraîche qu'en terre sèche.

Lorsque la semaille est faite en sol sec, un peu creux ou demi-humide, lorsqu'il survient une pluie légère qui mouille incomplètement le sol et provoque une levée partielle, il est utile de rouler, avec un rouleau formé de disques indépendants, pour tasser le sol sans toutefois former à sa surface une croûte lisse. Le rouleau plein est un mauvais instrument, qui n'a pas sa raison d'être; le rouleau squelette, trop rarement employé, est beaucoup plus énergique tout en laissant la surface pulvérulente. Lorsque celle-ci est tassée par un rouleau lisse, il suffit de la moindre pluie pour la transformer en une croûte dure, surtout si le terrain est silico-argileux. Si la sécheresse persiste, cette croûte n'est pas traversée par les jeunes plantules, qui se couchent horizontalement au-dessous d'elle. Le roulage doit toujours être exécuté sur un sol ressuyé; en tassant la terre à peine humide, il assure une égale répartition de l'humidité par le jeu de la capillarité, il met les semences en contact étroit avec la terre et régularise ainsi la levée. Cette opération est particulièrement utile dans les régions sèches; dans le Nord, elle est souvent inutile et rendue impraticable par les pluies qui tombent fréquemment à l'époque des semailles.

E. TRAVAUX D'ENTRETIEN

Pendant la durée de la végétation, le Blé peut recevoir divers soins qui consistent en hersages, roulages, désherbages ou sarclages, binages, écimage.

Tous ces travaux doivent être considérés comme des correctifs à une végétation défectueuse par défaut ou par excès ou à l'enherbement du semis; le mieux que l'on puisse souhaiter est de ne pas avoir besoin de les exécuter. Dans les terres propres, bien préparées, suffisamment pourvues d'eau, lorsque la levée a été régulière et s'est faite

à une époque convenable, il est à peu près inutile d'intervenir pendant la végétation du Blé.

Les hersages et les roulages, très efficaces dans les pays froids, après l'hiver, pour rechausser les jeunes plantes de Blé et tasser le sol soulevé par les gelées, n'ont pas à jouer le même rôle en Tunisie.

Ils ont surtout pour objet de maintenir la surface du sol meuble tandis que la couche sous-jacente doit être suffisamment tassée. Tant que le Blé ne couvre pas le sol, une pluie battante, dans les terrains argileux et surtout silico-argileux, peut encroûter la surface et nuire au tallage. Un hersage léger si le terrain est humide, un roulage au rouleau à disques si le temps est à la sécheresse, peuvent rompre cette croûte et hâter le tallage.

Dans les terres enherbées, surtout si les semailles ont été faites en sec, on assiste souvent à une forte levée de mauvaises herbes, particulièrement de crucifères, dès les premières pluies. Aussitôt que les plantules de Blé sont suffisamment enracinées, on peut passer une herse roulante à étoiles, effectuant un véritable sarclage léger, qui favorise le départ du Blé et arrache une partie des plantules de crucifères. La herse traînante à dents est trop énergique et ne peut être employée que plus tard, sur du Blé en voie de tallage, solidement fixé au sol. Son emploi sur une culture insuffisamment développée peut être désastreux si le temps est sec.

Le hersage énergique n'a sa raison d'être que dans deux circonstances : lorsque le Blé est trop dru, à la suite d'un semis trop dense, afin de l'éclaircir, et le hersage doit alors être pratiqué perpendiculairement aux lignes, à une époque convenable pour en obtenir l'effet désiré; lorsque la levée a été irrégulière, donnant une culture trop claire, dans le but de la faire taller; dans ce dernier cas, le hersage est donné au début du tallage, la terre dont il recouvre les jeunes plantes favorise leur enracinement et leur ramification; il doit être exécuté sur un sol frais ou, si le sol est sec, être immédiatement suivi d'un roulage.

Quand l'hiver est humide, les hersages et roulages sont impraticables, inutiles et même nuisibles. Quand l'hiver est sec, surtout dans les régions du Centre et du Sud, en sols légers, un bon roulage, effectué au moyen d'un croskill, permet souvent au Blé de résister un mois de plus et d'attendre, sans dommage, la pluie qui fera partir la végétation.

Comme on le voit, les hersages et les roulages ne doivent être pratiqués qu'avec circonspection et peuvent être aussi nuisibles qu'utiles si leur application n'est pas parfaitement raisonnée. A mesure que les terres d'une exploitation sont bien mises au point, comme ameublissement et destruction des plantes adventices, ces travaux d'entre-

tien perdent beaucoup de leur intérêt et peuvent être négligés sans grand inconvénient. Dans les fermes qui ne disposent guère que de moteurs mécaniques, ils ne peuvent être exécutés qu'au moyen de tracteurs légers, à grande vitesse de déplacement.

Les *désherbages*, *sarclages*, *binages* ont pour objet la destruction des mauvaises herbes qui se développent dans les cultures de Blé.

Les Indigènes pratiquent assez souvent l'arrachage à la main des herbes qui poussent dans leurs cultures. Cette opération est facilitée par le peu de densité de ces dernières. Elle est d'exécution moins aisée dans les cultures européennes, plus denses, qui se défendent d'ailleurs mieux contre un envahissement dangereux; elle est, en outre, très coûteuse et doit être limitée à des taches particulièrement enherbées (emplacements de gourbis, bords de chemins, etc...), afin d'empêcher la dispersion des graines. Dans ces cas particuliers, il est souvent plus économique de faucher, comme fourrage vert, les parties trop enherbées que de les sarcler à la main. Le sarclage s'accompagne du piétinement du sol et des plantes de Blé; il doit être effectué par temps sec, dans une culture qui commence à peine à former ses tiges.

L'arrachage des pieds isolés de folle avoine, à l'époque où elle épie, lorsque ces pieds ne sont pas trop nombreux, est souvent pratiqué pour éviter la propagation de cette mauvaise herbe, contre laquelle aucun moyen de lutte ne doit être négligé.

La destruction d'un certain nombre d'espèces de plantes adventices peut être obtenue par des pulvérisations de solutions acides ou par l'épandage de substances en poudre. Nous examinerons ces pratiques au chapitre traitant des « Ennemis du Blé » (vol. II).

Le binage combine la destruction des mauvaises herbes avec l'ameublissement de la surface du sol, dans le but de combattre l'évaporation de l'eau. Nous avons dit, plus haut, en parlant des modes de semis, les dispositifs à adopter pour que le binage puisse être exécuté avec des instruments attelés et les conditions dans lesquelles il convient de les adopter. Répétons seulement qu'il n'est guère possible de traiter le Blé comme plante binée que dans les régions à hiver sec. Partout où il pleut suffisamment pendant l'hiver, le binage est impraticable et, d'ailleurs, inutile. Dans ces conditions de climat, il faut détruire les mauvaises herbes par la jachère et les plantes sarclées et mettre le Blé à même de se défendre, en le semant assez dru, autant que possible sur un sol qui a été labouré après les premières pluies.

Quant à l'écimage, destiné à lutter contre la verse, nous en avons parlé au paragraphe des accidents survenant au cours de la végétation du Blé.

F. TRAVAUX DE RECOLTE

Le Blé peut être moissonné dès que le grain atteint une consistance cireuse, permettant de le couper sous l'ongle sans l'écraser. On conseille, en France, de récolter le Blé à cet état et de le laisser achever sa maturité en moyettes. Il ne saurait être question d'appliquer ce principe en Tunisie. L'état cireux du grain ne dure que quelques jours, la dessiccation étant brusquée par la forte chaleur et souvent par le siroco. La plus grande partie des moissons s'effectue sur du grain complètement mûr et sec. La paille elle-même est complètement desséchée, y compris les nœuds, qui restent verts plus longtemps que les entre-nœuds.

Les Blés durs, peu sujets à l'égrenage et à la rupture de la paille, peuvent rester sur pied plusieurs semaines après leur maturité, sans grand dommage. Il n'en est pas de même des Blés tendres, dont les épis et la paille sont plus fragiles et qui demandent à être moissonnés aussi rapidement que possible, dès qu'ils sont mûrs.

Beaucoup de cultivateurs indigènes moissonnent encore à la *faucille*. Le Blé est coupé avec 30 à 35^{cm} de paille, lié, avec une partie de cette dernière, en poignées qui sont déposées sur le chaume pour être rentrées et mises en meules le jour même ou le lendemain. Cette pratique, qui abandonne parfois la moitié de la paille sur le champ, est en rapport avec le mode de battage usité par les fellahs : pieds des animaux, traîneaux à pointes (jaroucha) ou petite « carrita » munie de disques de tôle. Elle prive le cultivateur d'une réserve de paille qui pourait alimenter les animaux pendant l'hiver; cet inconvénient est un peu compensé par le pâturage des chaumes, tant que les intempéries ne les ont pas rendus immangeables.

La moisson à la main nécessite une main-d'œuvre considérable. Lorsque les récoltes manquent dans le Sud, les populations de ces régions transhument dans le Nord pour participer à la moisson, qui est souvent faite contre paiement en nature par une proportion déterminée de la récolte. Si cette main-d'œuvre auxiliaire vient à être insuffisante, les moissons s'éternisent et les moissonneurs exigent une part hors de proportion avec la valeur du travail fourni.

Dans les exploitations européennes et dans les grandes fermes indigènes, la moisson est effectuée à la moissonneuse-lieuse ou à la moissonneuse-batteuse. Cette dernière a fait son apparition après la guerre et son usage tend à devenir presque général.

Il est tout à fait superflu de s'étendre ici sur le mode d'emploi de ces machines, actuellement très au point, connues de tous les agriculteurs. Nous nous bornerons à quelques considérations générales sur leurs avantages et inconvénients respectifs.

La moissonneuse-lieuse (pl. XII) permet de commencer la moisson dès que le grain atteint la consistance cireuse. Elle exécute un travail parfait dans les récoltes droites, mais ne convient pas pour le Blé versé; dans ce dernier cas, beaucoup d'épis ne sont pas pris par le lien et tombent sur le sol au moment de l'éjection de la gerbe et au cours des manipulations ultérieures. La coupe est faite aussi bas qu'on le désire, ce qui permet de récolter toute la paille, avantage limité aux situations dans lesquelles la paille présente une valeur marchande suffisante.

Les gerbes sont ensuite mises en moyettes, ou en petits meulons. Si le ramassage doit suivre la moisson de quelques jours seulement, les moyettes peuvent être de petites dimensions et comprendre une douzaine de gerbes. Leur confection est très rapide, en raison du peu de distance que les porteurs de gerbes ont à parcourir. Il est bon d'aligner les moyettes dans le sens que suivent les voitures lors du chargement et, si la densité de la récolte le permet, de rapprocher les moyettes de deux lignes voisines pour que deux moyettes puissent être chargées simultanément à chaque arrêt des chariots.

Si la récolte doit séjourner plusieurs semaines sur le champ, il est utile de faire de véritables meulons de 50 gerbes environ, qui assurent mieux que les petites moyettes la conservation du Blé; le supplément de temps nécessaire à leur confection est partiellement compensé par la plus grande rapidité du chargement.

Bien que les pluies soient rares à l'époque de la moisson, il est bon de disposer le rang supérieur des gerbes en pente, l'épi en bas, de façon à assurer l'écoulement rapide de la pluie et de construire les meulons avec une double pente, pour leur permettre de résister au vent.

La *moissonneuse-batteuse*, dont il existe maintenant de nombreux modèles, combine la moisson et le battage. L'emploi de cette machine supprime l'emploi de la ficelle, la mise en moyettes, le transport, la confection de meules [1]. Elle permet le ramassage parfait des Blés complètement versés, à la condition de couper assez bas et de réduire en conséquence la largeur de la coupe pour ne pas bourrer le batteur. Elle supprime à peu près complètement les pertes d'épis, inévitables au cours des diverses manipulations que subissent les gerbes. Le travail s'exécute avec un personnel restreint, sans qu'il soit besoin de constituer ces nombreuses équipes de moissonneurs et batteurs, nécessaires autrefois, et qu'il serait impossible de recruter actuellement dans beaucoup de régions.

---

(1) Quelques agriculteurs ont supprimé la sacherie en recueillant le grain dans des chariots à caisse métallique, qui transportent le grain au silo, organisé pour sa manipulation mécanique.

Moisson a la moissonneuse-lieuse.

Le rendement de la moissonneuse-batteuse est très élevé, quand la récolte n'est pas versée, parce que la quantité de paille à passer dans le batteur peut être réduite au minimum et surtout parce que l'alimentation du batteur par les toiles transporteuses est beaucoup plus régulière que celle d'une batteuse fixe.

La moissonneuse-batteuse, si bien adaptée aux conditions de la culture des céréales en Tunisie, a très rapidement conquis la faveur des agriculteurs. L'économie considérable de temps qu'elle réalise évite les fatigues auxquelles étaient soumis personnel et attelages pendant la longue période qui va du début des moissons à la fin des battages. Elle les rend disponibles pour d'autres travaux, en même temps qu'elle libère la sole de céréales pour les labours de déchaumage.

A côté de ces nombreux avantages se placent quelques inconvénients : nécessité d'attendre que le grain soit complètement mûr et bien sec et de ne commencer le travail journalier qu'à 8-9 heures du matin, inconvénient sans importance, le début de la matinée étant utilement employé à la visite et au graissage de la machine; abandon d'une quantité importante de paille et difficulté de ramasser celle qui a passé dans la machine pour constituer la réserve indispensable aux animaux de la ferme; risques d'incendie, que les dispositifs spéciaux adoptés pour l'échappement des moteurs réduisent maintenant à peu de chose, qui peuvent être combattus par l'emploi d'extincteurs et qu'il faudrait mettre en parallèle avec les mêmes risques pour le battage des meules; enfin, mise de fonds importante qui doit être amortie en peu d'années.

Il est difficile d'établir des prix de revient comparatifs de la moisson et du battage suivant les deux procédés, car ces prix varient beaucoup suivant le nombre de jours de travail des appareils, la densité et le rendement de la récolte, les soins d'entretien et de réparation du matériel, les facultés de ceux qui l'emploient. Il faudrait faire intervenir, dans ces prix, des éléments difficiles à traduire par des chiffres, tels que la difficulté de recrutement d'équipes nombreuses dont le salaire croît en rapport avec la rareté de la main-d'œuvre, la possibilité de livrer plus tôt le grain récolté, de commencer, aussitôt après la moisson, les travaux de préparation du sol.

Il n'y a plus guère de fermes qui ne possèdent un ou plusieurs tracteurs pour les labours et les semailles; la moissonneuse-batteuse augmente le nombre de jours d'utilisation du matériel de traction et complète heureusement l'organisation mécanique de ces fermes. Cette machine représente certainement la plus grande simplification que l'on ait jamais réalisée dans les travaux agricoles et son emploi ne peut que se généraliser partout où l'étendue des exploitations et les condi-

tions de milieu permettent son utilisation pratique et économique.

La principale difficulté consiste dans l'adaptation de la moissonneuse-batteuse aux exploitations ne cultivant qu'une surface restreinte de céréales.

On compte, en effet, comme chiffres moyens de surfaces moissonnées pendant une campagne :

Petites machines de 2^m 70 de coupe.....	150 à 200 hectares
Machines de 3^m 60 de coupe.....	250 à 300 —
Machines de 5^m 60 et 6^m de coupe.....	400 à 500 —

Il est évident que l'achat d'une moissonneuse-batteuse par un exploitant qui cultive 50 hectares de céréales grève l'exploitation de frais généraux hors de proportion avec les services rendus. Ces domaines ne peuvent pas davantage faire les frais d'un matériel de battage fixe et doivent, s'ils moissonnent à la lieuse, avoir recours à l'entrepreneur de battage ou à la coopérative de battage. Il est plus difficile d'appliquer la coopération à l'achat d'une moissonneuse-batteuse, car la récolte n'attend pas aussi facilement sur pied qu'en meules son tour de battage. L'association de deux ou trois exploitants voisins pour l'achat et l'utilisation d'une moissonneuse-batteuse ou bien l'entreprise par l'un d'entre eux de la moisson de ses voisins seraient des moyens de ne pas priver la petite exploitation des avantages indéniables qui résultent de la moisson et du battage simultanés. Il ne saurait y avoir de solutions idéales, ni de formules toutes faites s'appliquant à des cas particuliers dans lesquels les questions personnelles jouent un rôle capital.

Nous ne disons rien des transports, de la confection des meules ni du battage à poste fixe, travaux qui ne présentent rien de particulier en Tunisie.

HOLT
HOLT
HOLT

VII. STATISTIQUE DE LA CULTURE DU BLÉ

PLACE DU BLÉ
DANS L'ENSEMBLE DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES

1. Vue d'ensemble sur les productions végétales de la Tunisie.
2. Répartition régionale des surfaces occupées par les diverses cultures.
3. Répartition des surfaces occupées par chaque culture dans les diverses régions.
4. Fluctuations dans les surfaces ensemencées en Blé et en Orge. Répartition entre les agriculteurs européens et indigènes.
5. Surfaces cultivées en Blé dur et en Blé tendre. Leur progression.
6. Défrichements.
7. Production en quintaux de Blé dur et de Blé tendre.
8. Rendement en Blé dur et Blé tendre.
9. Principaux pays producteurs de Blé.

1. Vue d'ensemble sur les productions végétales de la Tunisie

La statistique générale de la Tunisie (année 1928) estime que, sur la superficie territoriale de la Régence, soit 12.518.000 hectares, la surface productive, cultivée ou non, représente 9.000.000 d'hectares, soit 72 %.

La répartition de cette surface productive serait la suivante :

Terres labourables	2.935.000	ha., soit	32,6 %
Prairies naturelles et pâturages	100.000	—	1,1 %
Cultures arborescentes et arbustives	395.000	—	4,4 %
Bois et forêts	1.020.000	—	11,3 %
Terres de parcours et terres non cultivées.	4.550.000	—	50,6 %

Ces chiffres appellent quelques commentaires. Si l'on ne considère comme terre improductive que les parties rocheuses des montagnes, les lacs, chotts et sebkhas, les lits des cours d'eau permanents et temporaires, les voies de communications, les emplacements des localités, on peut admettre que la surface productive de la Tunisie représente environ 72 % de son territoire.

Il convient alors de faire remarquer que les terres dites « de parcours et terres non cultivées » comprennent d'immenses régions désertiques et sub-désertiques, soumises à un régime pluviométrique très faible ne permettant qu'une maigre végétation spontanée, et ne pouvant être vivifiées que par l'irrigation au moyen des eaux souterraines (puits, puits artésiens). Ces terres, surtout très abondantes dans les territoires militaires, et occupant encore des espaces importants dans la 5e Région, peuvent être estimées à environ 3.000.000 d'hectares.

Le chiffre de 395.000 hectares attribué aux cultures arborescentes et arbustives paraît devoir être relevé pour tenir compte des plantations récentes. Les oliviers, caroubiers, palmiers et autres arbres fruitiers ne constituent pas toujours des plantations continues, ce qui empêche d'évaluer exactement la surface qu'ils occupent et ils sont recensés comme nombre de pieds.

L'ouvrage récent de M. Tourniéroux sur l'Oléiculture en Tunisie (1929) évalue à 371.418 hectares la surface complantée en Oliviers; la Vigne dépasse 30.000 hectares; pour tenir compte des autres cultures arbustives ou arborescentes, il faut porter la surface totale consacrée aux cultures pérennes à environ 450.000 hectares.

Au 1er janvier 1930, l'ensemble des terres utilisables par l'agriculture (les trois premières catégories de l'énumération ci-dessus) comprendraient donc environ 3.485.000 hectares, les bois et forêts 1.020.000 hectares, les terres de parcours non désertiques ou sub-désertiques environ 1.500.000 hectares.

Pour établir la répartition des terres dites labourables (destinées aux cultures non pérennes), on peut se baser, soit sur les surfaces ensemencées pendant l'année la plus favorable (année 1928), soit sur les moyennes correspondant à une période quinquennale, afin de faire disparaître les écarts considérables que présentent les emblavures d'une campagne agricole à l'autre.

Ci-dessous la répartition des terres labourables en 1928 et pendant la période quinquennale 1924-1928 :

	Année 1928	Période 1924-1928	
Céréales	1.467.151 ha*	1.173.412	soit 40 %
Prairies artificielles et autres cultures fourragères	30.000	30.000	— 1
Plantes alimentaires (légumineuses)	46.937*	40.509	— 1,4
Plantes industrielles	4.600*	3.200	— 0,1
Productions diverses	120.000	120.000	— 4,1
Jachères, champs pâturés	1.266.312	1.266.312	— 53,4
	2.935.000	2.935.000	100

Les surfaces marquées d'un astérisque (*) font l'objet de recensements annuels pour l'établissement de l'impôt. Malgré les inexactitudes auxquelles sont sujettes ces opérations, les chiffres qu'elles fournissent doivent être considérés comme suffisamment approchés; ils ne sauraient être remplacés actuellement par de plus satisfaisants.

Ce qui frappe dans la répartition ci-dessus, c'est la grande superficie des terres labourables (la moitié en année moyenne) qui reste inculte et qui figure sous la dénomination de jachères, champs pâturés. Si toute cette surface était en jachère et constituait la sole de préparation pour l'année suivante, il n'y aurait là qu'une situation normale; mais la pratique de l'assolement biennal, très généralisée dans les exploitations européennes, est encore peu suivie par les Indigènes. Quand le temps est favorable aux semailles, ils sèment toute la surface que leurs moyens rudimentaires permettent de travailler; c'est ainsi qu'en 1928, les céréales occupent 1.467.000 hectares, soit un excédent de près de 300.000 hectares par rapport à la moyenne quinquennale. La surface réellement consacrée à la jachère plus ou moins bien travaillée ne doit pas excéder actuellement 300.000 hectares et il faut admettre l'existence à l'état de terres incultes de plus d'un million d'hectares susceptibles d'une utilisation agricole. Il s'en trouve de ces terres mortes, le long des voies ferrées et des routes, à proximité des grands centres, où elles constituent de flagrants anachronismes, et n'attendent qu'une meilleure compréhension des nécessités économiques présentes pour concourir à la richesse du pays.

Pour l'ensemble de la Tunisie, les terres exploitées par l'agriculture, à l'exclusion des terres de parcours, comprennent donc :

Cultures pérennes (oliviers, vignes, vergers, palmiers) environ.....	450.000 ha.
Cultures annuelles et productions diverses.....	1.320.000

Parmi les secondes, les céréales comptent pour près de 1.200.000 hectares, soit pour les 12/13.

Les Céréales et l'Olivier constituent donc les deux productions végétales fondamentales de la Tunisie.

2. Répartition régionale des surfaces occupées par les diverses cultures

Cette répartition constitue la meilleure caractéristique agricole des diverses régions.

Nous donnons ci-dessous (tableau 22) :

a) La répartition des trois principales cultures arborescentes et ar-

TABLEAU 22. — **Répartition, par région, des principales cultures**

	CULTURES	1re Région	2e Région	3e Région	4e Région	5e Région	Territoires militaires	TOTAUX partiels	TOTAUX généraux
a) **Cultures arborescentes et arbustives — Année 1928, d'après les recensements des impôts**									
	Oliviers (arbres).....	728.759	2.845.115	283.619	6.919.735	4.709.721	832.861	16.317.913	environ 450.000 ha.
	Palmiers (arbres).....	0	0	0	0	1.841.131	763.860	2.604.991	
	Vigne (Ha) (1).....	1.674	27.730	283	802	279	0	30.768	
b) **Céréales et légumineuses à graines alimentaires — Moyenne des années 1923-1928 d'après le recensement des impôts**									
CÉRÉALES	Blé (Ha).....	131.569	104.142	169.904	165.641	56.976	9.721	637.953	Céréales 1.457.000 ha.
	Orge (Ha).....	39.977	44.128	92.698	169.188	91.209	24.927	462.127	
	Avoine (Ha).....	9.777	16.869	9.749	2.438	611	25	39.469	
	Maïs (Ha).....	9.147	4.603	704	321	16	11	14.802	
	Sorgho (Ha)..... ...	1.878	513	82	38	55	83	2.649	
LÉGUMINEUSES	Fève (Ha).....	14.366	12.943	3.241	2.568	276	1	33.447	Légumineuses 39.015 ha.
	Pois chiche (Ha).....	3.060	1.543	905	100	12	0	5.619	
	TOTAUX (partiels)....	209.774	184.741	277.283	340.294	149.155	34.768	1.196.015	

(1) Le vignoble indigène, planté en cépages de table, évalué à environ 2.200 hectares, est disséminé en nombreuses petites parcelles; il n'est pas recensé et ne figure pas dans ce tableau.

lustives : Olivier, Palmier, Vigne, en négligeant les autres arbres fruitiers dont le recensement n'a pas encore été publié;

b) La répartition des céréales et des légumineuses alimentaires, en négligeant les Pommes de terre (environ 1.000 hectares), qui sont une culture exclusivement maraîchère, et les plantes industrielles (à peine 4.000 hectares).

La répartition des trois principales cultures pérennes est très variable suivant les espèces. Tandis que la Vigne est presque entièrement cantonnée dans la 2e Région et le Palmier dans la 5e Région et les Territoires militaires, l'Olivier est répandu dans toute la Régence, les 4e et 5e Régions représentant les 11/16es de l'ensemble des plantations.

Cet arbre est merveilleusement adapté à la mise en valeur des régions sèches, dont il conquiert peu à peu les terres suffisamment meubles pour se prêter à une bonne préparation et permettre la végétation de l'Olivier sous une faible pluviométrie.

Les grandes cultures annuelles (céréales et légumineuses) n'occupent de surfaces importantes que dans les cinq Régions; les Territoires militaires ne peuvent leur consacrer que des surfaces très réduites : terrains régulièrement irrigués dans les jardins et les oasis, terrains inondés en hiver par des oueds temporaires ou par le ruissellement provenant d'impluvium montagneux voisins.

Pour se rendre plus facilement compte de la répartition régionale de ces cultures vivrières à graines et des caractéristiques agricoles des diverses régions, il est préférable de calculer le pourcentage des diverses cultures dans chacune des régions (tableau 23).

Tableau 23. — **Pourcentage des surfaces consacrées aux diverses cultures annuelles dans chaque région.**

Cultures	1re Région	2e Région	3e Région	4e Région	5e Région	Territoires militaires
Blé	62,7	56,3	61,3	48,7	38.2	28
Orge.....	19,1	23,8	33,4	49,7	61,2	71,7
Avoine	4,7	9,1	3,5	0,7	0,4	0,1
Maïs.....	4,3	2,5	0,3	0,1	0	0
Sorgho.....	0,9	0,3	0	0	0	0,2
Fève.....	6,8	7,2	1,2	0,8	0,2	0
Pois chiche..	1,5	0,8	0,3	0	0	0
Totaux ..	100	100	100	100	100	100

La 1re Région est avant tout une région à céréales et surtout à Blé; ce dernier y occupe 62,7 % de la surface consacrée aux plantes annuelles; l'Orge vient en seconde ligne avec 19,1 %; l'Avoine et le Maïs y sont cultivés sur des étendues plus restreintes, inférieures à 5 %; le Sorgho, bien qu'il soit presque localisé dans cette région, intervient pour moins de 1 %; les Fèves et les Pois chiches couvrent respectivement 6,8 et 1,5 %. Peu de Vigne et relativement peu d'Oliviers (728.000 dont 167.000 à l'état d'Oléastres sauvages non encore greffés).

La 2e Région, beaucoup moins pluvieuse que la première, fait déjà une part importante aux cultures pérennes; elle possède la presque totalité du vignoble et plus de 2.800.000 Oliviers.

Parmi les cultures annuelles, la proportion de céréales d'été (Maïs et Sorgho) devient très minime et se limite, presque exclusivement, à des surfaces irriguées. L'Orge (23,8 %) et l'Avoine (9,1 %) concurrencent sérieusement le Blé (56,3 %). La proportion de Fèves, légumineuse d'hiver, est un peu augmentée (7,2 %) par rapport à la 1re Région, mais celle des Pois chiches, culture d'été, est diminuée de moitié.

Dans la 3e Région, la céréale d'hiver devient réellement dominante (98,2 % des cultures annuelles); le Blé (61,3 %) y tient la première place; l'Orge (33,4 %) s'affirme déjà une concurrente du Blé et de l'Avoine (réduite à 3,5 %); peu de Fèves (1,2 %), moins encore de Pois chiches (0,3 %)

Parmi les cultures pérennes, la Vigne est sans importance et l'Olivier fort peu développé (283.000).

Avec la 4e Région commencent les terres sèches où la culture des céréales présente de gros aléas. La principale richesse agricole est constituée par près de 7.000.000 d'Oliviers. Parmi les cultures annuelles, le Blé et l'Orge seuls occupent de grandes surfaces et celle qui est consacrée à l'Orge (49,7 %) dépasse légèrement celle qui est réservée au Blé (48,7 %).

Les caractéristiques agricoles de la 5e Région sont la prédominance nette de l'Orge (61,2 %) sur le Blé (38,2 %) et la réduction de la surface consacrée aux cultures annuelles. Le développement de la forêt d'Oliviers, plus récent, dépasse déjà 7.000.000 d'arbres et constitue actuellement la seule méthode de valorisation de ces régions arides. On voit apparaître les palmeraies de Gabès, de Gafsa et du Djerid, dans les localités pourvues d'eaux permanentes.

Dans les Territoires militaires, la situation est analogue à celle de la 5e Région, avec ces différences que la proportion d'Orge (71,7 %) dépasse encore davantage celle de Blé (28 %), que les cultures annuelles sont peu étendues, que les Palmeraies y constituent des oasis disséminées et de moindre importance et que l'Olivier n'y compte guère

plus de 832.000 pieds. C'est le pays aride et stérile où l'irrigation devient le facteur *sine qua non* de toute production végétale.

Pour ce qui concerne les cultures annuelles, leur répartition d'ensemble entre les régions s'établit comme suit quant à la surface occupée :

1re Région	2e Région	3e Région	4e Région	5e Région	Territoires Militaires	Total
17,5	15,4	23,2	28,5	12,5	2,9	100

Ces chiffres montrent que les quatre premières Régions sont celles où les cultures annuelles occupent une place importante. La 5e et les Territoires militaires leur consacrent des surfaces minimes; ce sont les Olivettes et les Palmeraies qui constituent la richesse agricole de ces contrées sèches. Les 3e et 4e Régions partagent leurs efforts entre l'Olivier et les cultures annuelles (presque exclusivement les céréales). La 2e Région réunit céréales, légumineuses, vignes et oliviers et la 1re est avant tout céréalière (céréales d'hiver et de printemps) et productrice de légumineuses à graines.

3. Répartition des surfaces occupées par chaque culture dans les diverses régions

Cette répartition est donnée dans le tableau 24 en faisant égale à 100 la surface totale de chacune des cultures dans l'ensemble du pays.

Tableau 24. — **Pourcentage de chaque culture dans les diverses régions.**

Cultures	1re Région	2e Région	3e Région	4e Région	5e Région	Territoires Militaires	Total
Blé.....	20,6	16,3	26,6	26	8,9	1,6	100
Orge.....	8,6	9,5	20	36,6	19,9	5,4	100
Avoine.....	24,8	42,7	24,7	6,2	1'5	0,1	100
Maïs.....	61,8	31,1	4,8	2,2	0,	0,1	100
Sorgho.....	70,9	19,4	3,1	1,4	2,1	3,1	100
Fève	43	38,7	9,7	7,7	0,9	0	100
Pois chiche..	54,5	27,3	16,1	1,8	0,1	0	100

Le Blé est cultivé partout; la 3e et la 4e Régions totalisent chacune un peu plus du tiers des surfaces emblavées, ce qui est considérable eu égard aux aléas que présente cette culture, dans les régions du Centre, à pluviométrie faible et très irrégulière. Cette situation est due à ce que ces régions sont très étendues et à ce qu'elles sont surtout habitées par des Indigènes, qui tiennent beaucoup à récolter le Blé nécessaire à leur alimentation. Elle a pour effet de rendre très

irrégulier et faible le rendement général du Blé en Tunisie. Il serait de la plus haute importance de pouvoir réduire au minimum les risques que court la récolte de Blé dans ces contrées demi-sèches en donnant à la culture des variétés extra-précoces susceptibles de se développer rapidement et de se contenter d'une faible quantité d'eau. Le problème est à peu près résolu pour les Blés tendres (Florence, Irakié et leurs hybrides), mais reste entier pour les Blés durs, dont on ne connaît pas de variétés très hâtives; les Indigènes restent presque exclusivement fidèles au Blé dur, seul propre à donner la semoule dont ils se nourrissent. Il n'est peut-être pas impossible de mettre à leur disposition des Blés tendres à grain suffisamment corné pour remplacer le Blé dur dans la préparation de la semoule. L'Irakié remplit déjà partiellement ce second desideratum.

La 3e Région est toutefois plus favorable à la culture du Blé que la quatrième, la colonisation y tient déjà une place importante dans les caïdats de Medjez-el-Bab et de Téboursouk.

La 1re Région possède 1/5 de la surface consacrée au Blé; cette culture y trouve des conditions d'humidité parfois excessives dans la partie littorale.

Dans la 2e Région se trouve 1/6 seulement de la surface en Blé, ce qui s'explique par la faible superficie du territoire, ainsi que par le développement des cultures pérennes (Vigne et Olivier).

Quant à la 5e Région et aux Territoires militaires, les surfaces consacrées au Blé n'y représentent respectivement que 8,9 et 1,6 % des emblavures et n'ont aucune influence sérieuse sur la production.

La répartition des surfaces occupées par l'*Orge* montre, par rapport au Blé, un décalage vers le Sud, dû à la plus grande résistance de cette céréale à la sécheresse. C'est la 4e Région qui vient en tête, avec 36,6 % de la surface. L'importance de cette culture diminue en remontant vers le Nord (3e Région, 20 %; 2e Région, 9,5 %; 1re Région, 8,6 %) et devient faible dans la 5e Région (19,9 %) et les Territoires militaires (5,4 %).

L'*Avoine* présente son maximum d'extension dans la 2e Région (42,7 %); la 1re et la 3e sont égales avec un peu moins de 25 % chacune; la 4e Région cultive très peu de cette céréale (6,2 %) et les deux Régions du Sud et de l'Extrême-Sud ne lui donnent qu'une place insignifiante.

Le *Maïs* et le *Sorgho*, céréales d'été, sont à peu près localisées dans la 1re et la 2e Régions, avec 62 et 71 % environ dans la région littorale du Nord où ces cultures sont possibles sans irrigations.

La *Fève* et le *Pois chiche* se trouvent dans les 4 premières Régions et surtout dans la 1re et la 2e; la 5e cultive encore un peu de Fèves, 7,7 %.

On peut se faire une idée générale de l'importance de chacune des cultures annuelles par rapport à la surface consacrée à leur ensemble par les chiffres ci-dessous :

Blé	Orge	Avoine	Maïs	Sorgho	Fève	Pois chiche	Total
53,3	38,7	3,3	1,2	0,2	2,8	0,5	100

Les cultures de Blé et d'Orge occupent donc, à elles seules, 92 % environ des surfaces consacrées aux plantes annuelles; elles fournissent les récoltes capitales qui règlent la prospérité des agriculteurs (viticulteurs et oléiculteurs à part) et *parmi ces deux grandes cultures le Blé tient largement la première place.*

4. Fluctuations dans les surfaces ensemencées en Blé et en Orge. Répartition entre les agriculteurs européens et indigènes

Les céréales trouvent en Tunisie des conditions de développement très variables d'une année à l'autre. L'importance des surfaces ensemencées est très fortement influencée par la distribution des pluies d'automne surtout dans la culture indigène. Tandis que l'agriculteur européen prépare sa terre pendant plusieurs mois, une année et même davantage, ce qui lui permet de semer à l'époque voulue, même s'il ne pleut pas, le petit cultivateur indigène attend une première pluie pour labourer sa terre durcie par l'été, et une deuxième pluie pour semer. Ces pluies se font plus ou moins longtemps attendre suivant les années et règlent l'importance de la surface ensemencée, car le fellah pourvu de faibles moyens matériels de culture ne peut guère intensifier son effort; il ne peut que le prolonger, ce qu'il fait souvent bien au delà de la limite de temps raisonnable qui devrait se placer du 15 décembre au 1er janvier suivant les régions.

Pour apprécier l'importance de ces fluctuations annuelles de la surface ensemencée, nous donnons ci-dessous (tableau 25) les surfaces ensemencées en Blé et en Orge dans les diverses régions de Tunisie pendant les 6 années 1923-1928 et pour rendre plus apparentes ces fluctuations nous avons construit, avec les chiffres du tableau 25, le graphique n° 3.

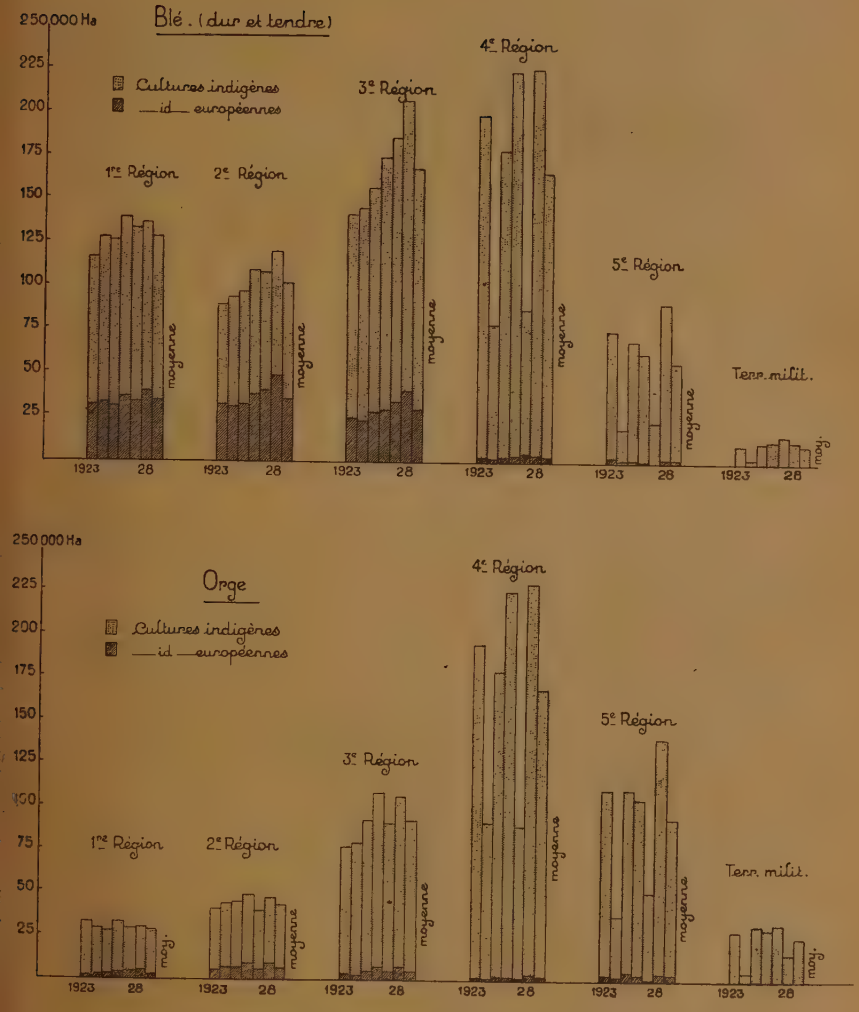
Dans le graphique 3, chaque colonne représente : à sa partie inférieure la surface ensemencée par des Européens; à sa partie supérieure celle qui est semée par des Indigènes. La colonne noire indique la moyenne des six années.

L'examen de ces documents permet les constatations suivantes : qu'il s'agisse du Blé ou de l'Orge, les surfaces ensemencées dans les trois premières Régions présentent peu de variations pendant les si..

TABLEAU 25. — Surfaces annuellement ensemencées en blé et en orge par région, pendant la période 1923-29

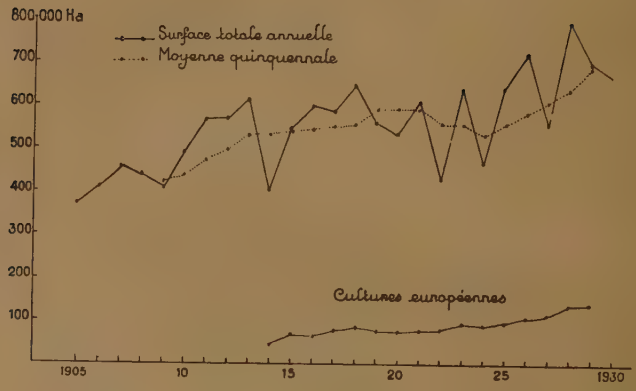
Année	1re Région	2e Région	3e Région	4e Région	5e Région	Territoires Militaires	Total
			a) **Blé**				
1923.....	117.734	91.652	143.503	199.954	75.990	9.716	638.549
1924.....	129.897	94.813	145.886	79.067	17.849	1.534	469.036
1925.....	126.641	96.700	158.414	178.337	69.296	10.844	640.232
1926.....	141.508	110.268	175.649	224.878	68.149	11.692	727.144
1927.....	134.816	109.548	188.164	87.611	23.800	13.441	557.440
1928.....	138.766	121.873	207.807	226.600	91.671	11.099	797.816
Moyenne....	131.569	104.142	169.904	166.074	56.959	9.721	638.369
			b) **Orge**				
1923.....	32.996	41.630	76.546	195.753	111.228	29.699	487.852
1924.....	39.891	43.699	77.187	93.404	37.430	6.642	298.253
1925.....	39.180	43.769	93.128	179.527	111.844	32.184	499.630
1926.....	46.601	48.549	109.710	224.837	105.380	30.537	565.614
1927.....	39.768	39.381	91.872	90.079	51.398	33.812	346.300
1928.....	41.425	47.742	107.749	230.229	140.981	16.685	584.807
Moyenne....	39.977	44.128	92.698	168.970	93.043	24.927	463.743

GRAPHIQUE 3.

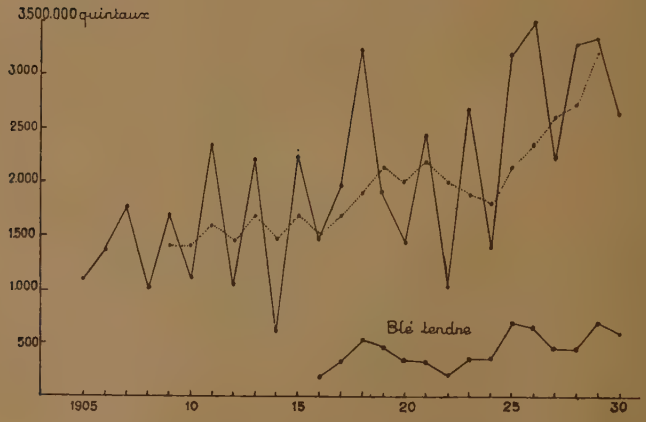


RÉPARTITION RÉGIONALE DES SURFACES CULTIVÉES EN BLÉ ET EN ORGE (RÉCOLTES 1923 A 1928 ET MOYENNE).

GRAPHIQUES 4 ET 5.



SURFACE ENSEMENCÉE EN BLÉ (1905-1930).



PRODUCTION EN BLÉ (1905-1930).

années considérées. Il n'en est pas de même dans la 4e Région, qui montre, en 1924 et 1927, des réductions atteignant près des deux tiers des surfaces ensemencées. Cette situation a pour cause principale l'irrégularité des pluies d'automne; elle ne semble guère pouvoir être améliorée que par l'adoption de variétés à courte période de végétation permettant de prolonger la période des semailles lorsque l'automne et l'hiver sont secs, et encore est-il probable que la réduction des emblavures est une réelle nécessité lorsque la pluie fait défaut à l'époque des semailles. En raison de la grande importance des surfaces consacrées dans la 4e Région au Blé et à l'Orge, une étude sérieuse, sur place, des facteurs limitant les ensemencements et réduisant le rendement, permettrait sans doute d'envisager les moyens de remédier à la situation actuelle.

Quant à la 5e Région et aux Territoires militaires, les fluctuations qu'y présentent les ensemencements s'expliquent également par l'irrégularité des pluies d'automne, mais elles portent sur des surfaces moindres et il semble plus difficile encore que pour la 4e Région d'atténuer l'étroite dépendance entre les ensemencements et les pluies d'automne.

La part des Européens dans les surfaces ensemencées en Blé est d'environ 26 % dans la 1re Région, 33 % dans la 2e, 16,4 % dans la 3e; elle n'atteint pas 3 % dans la 4e, si importante cependant au point de vue cultures indigènes.

Pour l'Orge, la proportion des cultures européennes est beaucoup plus faible que pour le Blé; les travaux de préparation du sol effectués par les agriculteurs européens leur permettent de préférer le Blé à l'Orge, tandis que les Indigènes donnent avec raison une place importante à cette dernière céréale, moins exigeante en eau, et dont la culture constitue, pour eux, une véritable assurance contre la sécheresse, qui réduit parfois considérablement le rendement de leurs Blés.

5. Surfaces cultivées en Blé dur et en Blé tendre. Leur progression

Nous avons réuni dans le tableau 26 et dans le graphique 4 l'indication de la surface totale cultivée en Blé en Tunisie, pendant la période 1905-1928, la répartition entre cultures européennes et cultures indigènes depuis 1914, la répartition entre Blé dur et Blé tendre depuis 1916 et la moyenne quinquennale, calculée chaque année pour la période de cinq ans qui s'achève.

Ces chiffres montrent la progression de la culture du Blé en Tunisie pendant 24 années. Cinq années seulement (1909, 1914, 1922, 1924, 1927), pendant cette période, se signalent par une diminution très

TABLEAU 26. — **Blé (dur et tendre). Surface cultivée en hectares (recensement de l'impôt achour).**

ANNÉE DE RÉCOLTE	ENSEMENCEMENTS ANNUELS					MOYENNE (1) quinquennale — SURFACE totale
	Surface totale	Répartition				
		Européens	Indigènes	Blé dur	Blé tendre	
1905	369.793					
1906	407.106					
1907	456.061					
1908	439.108					
1909	404.882					415.390
1910	492 000					439.831
1911	568.267					472.064
1912	570.680					494.987
1913	614.616					530.089
1914	405.965	44.629	361.336			530.306
1915	547.642	67.395	480.247			541.434
1916	600.029	63·967	536.062	574.529	25.500	547.786
1917	585.793	73.613	512.180	555.076	30.717	550.809
1918	649.108	82.100	567.008	593.642	55.466	557 707
1919	566.360	75.827	490.533	511.360	55.000	589.786
1920	533.787	72.945	460.842	481.787	52.000	587.015
1921	603.609	76.453	527.156	566.609	37.000	587.731
1922	425.297	79.081	346.216	385.297	40.000	555.632
1923	638.550	91.671	546.879	587.550	51.000	553.520
1924	469.036	90.429	378.607	417.607	51.429	534.056
1925	640.232	95.832	544.400	572.232	68.000	555.345
1926	727.144	106.175	620.969	654.144	73.000	580.052
1927	557.440	113.818	443.622	499.440	58.000	606.480
1928	797.816	133.521	644.295	721.816	76.000	638.334
1929	700.759	139.138	561.621	636.759	64.000	685.678
1930 (2)	670.000	160.000	610.000	600.000	70.000	690.332

(1) La moyenne est inscrite en face du millésime de l'année qui termine la période quinquennale.
(2) Chiffres ajoutés après la rédaction.

importante des emblavements; trois autres (1908, 1919, 1920) restent un peu inférieures à la moyenne; seize années sur vingt-quatre dépassent la moyenne quinquennale. Pendant cette période, il y a donc eu, au point de vue des ensemencements, cinq années mauvaises, trois médiocres et seize moyennes ou bonnes.

De 370.000 hectares en 1905, la culture du Blé est passée à près de 800.000 hectares en 1928, c'est-à-dire qu'elle a plus que doublé. La moyenne quinquennale, qui traduit mieux la progression régulière en atténuant les fluctuations annuelles, passe de 415.000 hectares en 1909 à 685.000 en 1929, soit un gain de plus de 280.000 hectares en 20 ans. *Pendant cette période la culture du Blé s'est accrue suivant un rythme moyen de* 13.500 *hectares par an.*

Les emblavements des Européens ont progressé de 44.000 hectares en 1914 à 160.000 en 1930, c'est-à-dire qu'ils ont plus que triplé en 17 ans.

Cette augmentation ne s'est pas faite au détriment des cultures indigènes, puisque celles-ci, pendant la même période, ont fait un bond de plus de 300.000 hectares passant de 361.000 hectares en 1914 à 664.000 hectares en 1928 et à 610.000 hectares en 1930.

C'est donc d'un effort commun des deux races associées pour la mise en valeur du sol tunisien que résulte le développement, que l'on peut qualifier de remarquable, de la culture du Blé dans la Régence.

Ces faits méritaient d'être signalés et si on les rapproche de la constatation, faite précédemment, qu'il reste encore au moins un million d'hectares à gagner pour la culture, on doit en conclure que l'essor agricole de la Tunisie est en bonne voie et qu'il peut continuer pendant de nombreuses années encore.

Les autres cultures annuelles sont loin d'avoir subi la même progression que le Blé, ainsi qu'en témoignent les chiffres ci-dessous.

Moyennes des surfaces en hectare pour les périodes quinquennales

	1905-1909	1910-1914	1915-1919	1920-1924	1924-1428
Orge.....	438.780	476.480	489.284	392.278	462.299
Avoine.....	45.506	51.000	61.868	54.466	40.859
Maïs et Sorgho.....	20.678	17.200	18.152	16.652	17.670
Fèves.....	»	13.040	18.516	24.372	35.747
Pois chiches.....	»	»	»	4.767	6.426

La culture de l'Orge est donc restée à peu près stationnaire depuis vingt-quatre ans.

Celle de l'Avoine, après avoir dépassé 60.000 hectares, a régressé aux environs de 40.000 hectares. Les Européens, qui furent d'abord

TABLEAU 27. — **Défrichements — Surfaces exonérées de l'impôt achour (pendant les cinq années qui suivent le défrichement), en hectares.**

ANNÉES	CULTURES	BLÉ	ORGE	AVOINE	MAIS	SORGHO	FÈVE	POIS CHICHE	LIN	TOTAUX Partiels	TOTAUX Annuels
1919	Européennes	1.678	549	1.062	»	»	11	»	12	3.312	
	Indigènes	73	38	20	»	»	1	»	»	152	
	Total	1.751	587	1.082	»	»	12	»	12		3.464
1920	Européennes	1.138	233	613	15	1	3	23	41	2.067	
	Indigènes	109	26	3	»	»	1	»	»	140	
	Total	1.247	259	616	15	1	4	23	41		2.207
1921	Européennes	3.250	765	2.435	16	7	34	25	15	4.547	
	Indigènes	172	17	65	»	»	2	»	»	256	
	Total	3.442	782	2.500	16	7	36	25	15		4.803
1922	Européennes	8.019	984	3.269	32	30	74	76	21	12.505	
	Indigènes	594	432	190	»	»	54	»	2	1.272	
	Total	8.613	1.416	3.459	32	30	128	76	23		13.777
1923	Européennes	10.630	2.486	3.133	79	61	179	49	18	16.635	
	Indigènes	817	299	166	4	»	11	2	2	1.301	
	Total	11.447	2.785	3.299	83	61	190	51	20		17.936
1924	Européennes	13.725	2.914	3.461	94	43	237	57	21	20.552	
	Indigènes	1.807	591	232	2	»	27	1	3	2.662	
	Total	15.532	3.505	3.693	92	43	264	58	24		23.214
1925	Européennes	15.616	3.628	3.023	126	40	981	69	47	23.530	
	Indigènes	1.830	572	188	2	1	58	2	»	2.653	
	Total	17.446	4.200	3.211	128	41	1.039	71	47		26.183
1926	Total	17.157	4.692	2.872	49	18	720	46	32		25.576
1927	Total	12.300	2.312	2.693	75	9	398	50	15		17.852
1928	Total	19.558	5.497	3.977	71	30	681	93	15		29.922
1929	Total	22.095	4.514	4.912	514	47	147	2	6		32.227
1930	Total	27.889	3.949	4.261	45	18	552	55	13		36.781

Tableau 28. — **Répartition régionale des défrichements (période 1923-1928) en Ha.**

Année	Ire Région	2e Région	3e Région	4e Région	5e Région	Territoires Militaires
1923	1.069	8.604	6.591	1.361	239	0
1924	1.812	12.315	6.889	803	1.246	0
1925	1.713	13.951	6.374	1.792	2.431	0
1926	1.594	13.329	6.663	2.546	1.512	0
1927	1.352	9.839	4.562	1.419	364	0
1928	1.793	14.301	6.633	4.621	2.399	30
1929	1.763	14.828	9.084	5.406	1.092	50
1930	1.872	17.068	10.691	5.740	1.605	0

7. Production, en quintaux, de Blé dur et de Blé tendre

L'évaluation de la récolte est beaucoup moins certaine que le recensement des surfaces. Elle demande beaucoup de sagacité de la part des informateurs et présente des difficultés presque insurmontables. Il faudrait déterminer, pour chaque rendement, les surfaces correspondantes, ce qui n'est pas pratiquement réalisable; on se contente d'une impression d'ensemble établie par comparaison avec les années précédentes. La connaissance de la balance du commerce extérieur du Blé et des besoins à peu près constants du pays (consommation et semences) permet, comme nous le verrons au chapitre du Commerce des Blés (vol. II), de redresser certaines évaluations erronées, mais il n'en reste pas moins vrai que l'approximation que peut atteindre l'estimation d'une récolte reste toujours très large. Les difficultés d'établir une statistique suffisamment exacte, déjà grandes dans les pays d'Europe malgré la possibilité de multiplier les sources d'information, s'exagèrent en Tunisie du fait de l'importance des surfaces ensemencées par les Indigènes, dont il est difficile d'obtenir une documentation quelque peu sérieuse.

Le tableau 29 et le graphique 5 indiquent la production en Blé de la Tunisie, pour la période 1905-1929, avec répartition entre Blé dur et Blé tendre depuis 1916.

L'examen des chiffres et du graphique relatifs à la production du Blé fait immédiatement ressortir la grande irrégularité de cette production. L'amplitude des variations est considérable puisque les extrêmes se chiffrent par 600.000 en 1914 et 3.550.000 quintaux en 1926, c'est-à-dire une différence de près de 3.000.000 de quintaux pour une période de 12 années pendant laquelle l'augmentation normale de la production doit être de l'ordre de 1.000.000 de quintaux, d'après les moyennes quinquennales pour ces deux dates.

Tandis que, pour les surfaces ensemencées, un grand nombre d'an-

TABLEAU 29. — **Production en quintaux (estimation de la récolte)**

ANNÉE DE RÉCOLTE	PRODUCTION ANNUELLE			MOYENNE QUINQUENNALE		
	Totale	Blé dur	Blé tendre	Totale	Blé dur	Blé tendre
1905	1.107.000					
1906	1.383.000					
1908	1.780 000					
1908	1.000.000					
1909	1.750.000			1.404.000		
1910	1.100.000			1.402.600		
1911	2.350.000			1.596.000		
1912	1.050.000			1.450.000		
1913	2.220.000			1.664.000		
1914	600.000			1.694.000		
1915	2.250.000			1.464.000		
1916	1.500.000	1.310.000	190.000	1.524.000		
1917	1.990.000	1.650.000	340.000	1.712.000		
1918	3.250.000	2.693.000	557.000	1.918.000		
1919	1.900.000	1.450.000	450.000	2.178.000		
1920	1.423.000	1.075.000	348.000	2.012.600	1.635.600	377.000
1921	2.438.500	2.098.500	340.000	2.200.300	1.793.300	407.000
1922	1.000.000	800.000	200.000	2.002.300	1.623.300	379.000
1923	2.700.000	2.350.000	350.000	1.892.300	1.554.700	337.600
1924	1.400.140	1.040.000	360.140	1.792.328	1.472.700	319.628
1925	3.200.000	2.500.000	700.000	2.147.728	1.757.700	390.028
1926	3.550.000	2.900.000	650.000	2.370.028	1.918.000	452.028
1927	2.250 000	1.800.000	450.000	2.620.028	2.118.000	502.028
1928	3.300.000	2.850.000	450.000	2.726.028	2.206.000	520.028
1929	3.350.000	2.650.000	700.000	3.206 000	2.608.000	598.000
1930 (1)	2.630.000	2.030.000	600.000	3.016.000	2.446.000	570 000

(1) Chiffres ajoutés après la rédaction.

nées donnent des nombres se rapprochant de la moyenne, les chiffres de production sont tantôt très au-dessous, tantôt très au-dessus de cette moyenne.

Ces écarts considérables entre les productions annuelles ont pour cause l'irrégularité des conditions météorologiques d'une année à l'autre. Il est courant d'entendre dire par les agriculteurs de Tunisie qu'il n'y a pas d'année normale, que toutes les récoltes sont exceptionnelles, en bien ou en mal. Le graphique 5 est la saisissante expression de l'exactitude de cette observation.

Il serait du plus grand intérêt de connaître la production par région administrative, ou mieux par Caïdat, de manière à déterminer l'amplitude des variations locales de cette production sous l'influence des facteurs météorologiques. Nous ne possédons pas de documents assez détaillés et assez certains pour les traduire par des chiffres, mais nous avons donné une étude concernant l'influence de la pluie sur les rendements des cultures indigènes de Blé dans les différentes régions de la Tunisie.

Les fluctuations dans la production du Blé tendre suivent celles du Blé dur; elles sont un peu moins accentuées cependant, ce qui s'explique par le fait que cette céréale n'est guère cultivée que par des Européens et dans les trois premières régions, soit dans des conditions où les actions climatiques sont un peu atténuées.

La progression de la production en Blé est exprimée par la courbe des moyennes quinquennales. Lente de 1905 à 1915, elle marque une accentuation très nette de 1915 à 1920 en raison des trois années moyennes ou bonnes de 1917, 1918, 1919 et de l'effort déployé pendant la guerre pour répondre aux besoins du ravitaillement du pays. Les résultats de cet effet sont particulièrement sensibles pour ce qui concerne le Blé tendre, de consommation plus généralisée que celle du Blé dur.

Depuis 1923, cette courbe a repris une ascension régulière et plus accélérée, due à l'augmentation correspondante des surfaces cultivées, à l'extension de la colonisation française et aussi à des saisons relativement favorables.

8. Rendement en Blé dur et en Blé tendre

Le rendement moyen est facile à obtenir en divisant la production en quintaux par la surface en hectares. Les chiffres ainsi obtenus pour la Tunisie sont extrêmement bas et viennent aux derniers rangs de ceux des pays producteurs de Blé, même si l'on admet que la production est probablement sous-estimée, au moins, pour certaines années. Nous donnons ci-dessous les rendements publiés par la Statisti-

liorés, dans un proche avenir, par l'emploi d'engrais et l'adoption de variétés plus aptes à utiliser l'accroissement de fertilité qui résulte du perfectionnement incessant des méthodes de culture.

Tableau 31. — Rendement moyen du blé dans deux exploitations françaises

1° Exploitation dans la région de Tunis (Blé tendre 5/6, Blé dur 1/6), surface emblavée annuellement 200 à 300 hectares :

Année de récolte	Pluviométrie octobre à mai	Rendement moyen à l'hectare
—	—	—
	mm.	quintaux
1921	444	13,4
1922	378	7,6
1923	485	19,7
1924	517	15,3
1925	318	16,4
1926	462	9,8
1927	213	6,9
1928	506	16,8
1929	489	14,6
1930	388	19,8
1931	414	22,5

2° Domaine du Khoudiat à Souk-el-Khemis (Blé dur et Blé tendre), surface emblavée 80 hectares en 1903, s'est progressivement accrue pour représenter 1.000 hectares annuels depuis 1927 [1] :

Périodes	Pluie octobre à mai Moyenne annuelle	Rendement Moyenne annuelle
—	—	—
1903-1912	426mm	10 qx 5
1913-1922	353mm	21 qx 6
1923-1930	401mm	21 qx 4

Des moyennes de 30 quintaux ont été réalisées sur des parcelles de plus de 100 hectares. La récolte 1931, endommagée par la grêle à la veille de la récolte, paraissait devoir dépasser cette moyenne sur l'ensemble des 1.000 hectares ensemencés [2].

(1) Extrait de la communication de M. Cailloux au Congrès d'Agronomie du Cinquantenaire (Tunis, mai 1391).

(2) Dernière phrase ajoutée par l'auteur.

9. Principaux pays producteurs de Blé

Nous donnons (tableau 32) les renseignements statistiques publiés par l'Institut International d'Agriculture de Rome pour la production du Blé; c'est-à-dire la superficie et la production, exprimées par la moyenne pour les années 1923 à 1927 et les chiffres concernant les années 1928 et 1929. Nous y avons ajouté les rendements moyens à l'hectare pour la période 1923 à 1927.

Dans le Nord africain français : Tunisie, Algérie et Maroc, on constate, en exprimant par 100 la superficie totale et la production totale, la répartition suivante pour le Blé :

	Superficie = 100	Production = 100
Algérie	47 %	45 %
Maroc	33 %	38 %
Tunisie	20 %	16 %

La Tunisie ensemence donc 20 % de la surface consacrée au Blé dans le Nord africain français et récolte seulement 16 % de la production. Les rendements moyens sont plus élevés au Maroc (6,4) et en Algérie (5,3) qu'en Tunisie (4,2).

Parmi les autres pays circum-méditerranéens, la Syrie-Liban, qui peut lui être comparée, a un rendement moyen de 6,5. Seules la Tripolitaine et la Cyrénaïque ont un rendement inférieur au sien, ce qui s'explique par leur situation plus méridionale et leur récente mise en valeur.

Outre ces contrées, n'atteignent pas une moyenne de 10 quintaux à l'hectare la Bulgarie (9,2), l'Espagne (9,3), la Grèce (5), le Portugal (6,9), la Roumanie (8,5), l'U. R. S. S. (7,4), les Etats-Unis (10,2 et 8,9), le Mexique (4,6), la Corée (7,3), les Indes britanniques (7,4), l'Argentine (7,9), l'Uruguay (7,9), l'Australie (8,5).

Les Etats-Unis doivent être compris dans cette énumération bien que le rendement moyen pour le Blé d'hiver atteigne 10,1, parce que leur statistique fait abstraction de toutes les surfaces ensemencées mais abandonnées au 1er mai parce que la culture n'a pas réussi. Cette réduction porte, pendant la période 1923-1927, sur 14,3, 8,4, 21,6, 7,3, 13 % de la surface ensemencée pour les cinq années de cette période.

Si l'on admet, pour la Tunisie, le rendement moyen de 8 quintaux pour les cultures européennes, ce rendement est comparable à celui des pays que nous venons de citer, parmi lesquels figurent les plus grands producteurs de Blé, sauf l'Allemagne, la France, l'Italie, le Canada (en se limitant aux productions moyennes supérieures à 30.000.000 de quintaux).

TABLEAU 32. — **Principaux pays producteurs de Blé**
(Statistique de l'Institut International d'Agriculture)

PAYS	SUPERFICIE (milliers d'hectares)			PRODUCTION (milliers de quintaux)			Rendement en quintaux à l'hectare Moyenne 1923-1927
	Moyenne 1923 à 1927	Année 1928	Année 1929	Moyenne 1923 à 1927	Année 1928	Année 1929	
Allemagne	1.572	1.728	1.601	28.839	38.536	31.457	18,4
Autriche	198	208	207	2.692	3.513	3.152	13,6
Belgique	145	172	175	3.807	4.895	4.353	26,3
Bulgarie	1.029	1.125	1.059	9.463	13.796	9.049	9,2
Danemark		102			3.300		
Espagne	4.305	4.241	4.240	39.893	32.628	38.500	9,3
Esthonie	22	28	33	219	282	345	13,7
Etat libre d'Irlande	13	13	12	302	323		23,2
Finlande	16	19	19	239	272	298	14,9
France	5.439	5.243	5.160	75.931	76.554	87.053	14
Angleterre et Pays de Galles	649	565	538	14.168	12.863	12.375	21,4
Ecosse	22	24	21	585	630	589	26,6
Irlande du Nord	2	2	1	52	50		26
Grèce		532			4.226		
Hongrie	1.484	1.694	1.584	18.659	27.001	19.524	12,6
Italie	4.771	4.963	4.971	57.277	62.215	70.664	12
Lettonie	48	66	59	538	680	644	11,2
Lithuanie	101	159	198	1.141	1.722	2.400	11
Luxembourg	11	15	12	135	191	120	12,3
Malte	4	4	4	76	79	80	19
Norvège	9	11		150	217	198	16,7
Pays-Bas	56	60	46	1.531	1.966	1.270	27,3
Pologne	1.291	1.290	1.387	14 687	16.117	16.400	11,4
Portugal	425	446		3.062	2.094	3.024	7,2
Roumanie	3.118	3.206	2.737	26.394	31.446	25.069	8,5
Suède	161	227	232	3.220	5.213	5.096	20
Suisse	67	70	70	1 46	1.622	1.576	21,8
Tchécoslovaquie	723	757	766	11.568	14.016	13.081	16
Yougoslavie	1.774	1.921	2.140	17.716	28.112	26.386	10
U. R. S. S.		27.596			231.000		
Canada	8.910	9.764	10.219	109.875	154. 249	79.958	12,3
Etats-Unis H	14.468	14 653	16.141	119.468	157. 315	154.650	10,1
— P	7.969	8.726	8.446	70.855	88.196	60.837	8,9
Mexique	665	519	501	3.031	3.002	3.128	4,6
Corée	359	362	354	2.623	2.339	2.712	7,3
Indes Britanniques	12.618	13.028	12.954	93.172	79.160	86.435	7,4
Japon	469	486	491	7.491	8.386	8.465	16
Syrie et Liban	553	414	355	3.569	1.766	3.946	6,5
Algérie	1.413	1.479	1.465	7.514	8.247	9.250	5,3
Cyrénaïque	15	11	10	52	9		3,5
Egypte	609	643	653	10.486	10.150	12.309	17,2
Maroc français	987	1.078	1.140	6.358	6.735	7.478	6,4
Tripolitaine	10				5		
Tunisie	619	814	700	2.616	3.300	3.350	4,2
Argentine	7.540	8.458	7.863	59.335	83.651		7,9
Uruguay	405	508	454	5.206	4.141		7,9
Australie	4.386	7.735	5.870	37.098	43.409		8,5
Nouvelle Zélande	79	103	95	1.727	2.286		21,9
Union Afrique Sud	347	398	379	2.001	1.886	3.049	5,8

Les pays dont le rendement atteint ou dépasse 20 quintaux sont les suivants : Belgique (25,3), Danemark (27,5), Angleterre et Pays de Galles (21,4), Ecosse (26,6), Irlande du Nord (26), Etat libre d'Irlande (22,3), Pays-Bas (27,3), Suède (20), Suisse 21,8). Ce sont des contrées à population souvent dense, à climat rude ne permettant de consacrer au Blé que des surfaces assez restreintes, ne récoltant pas assez de Blé pour leurs besoins. Ces difficultés semblent avoir incité les agriculteurs à perfectionner leurs méthodes, à demander et à apprécier la collaboration des établissements d'amélioration du Blé. C'est dans le Nord de l'Europe que se trouvent les stations les plus anciennes et les plus réputées, celles qui ont précisé et parfois innové les méthodes de perfectionnement des plantes cultivées.

Cet exemple est suivi par d'autres pays également importateurs de Blé désireux de se soustraire, dans toute la mesure du possible, à la sujétion étrangère pour leur alimentation.

Les pays grands producteurs et exportateurs ne manquent pas non plus de mettre en œuvre les moyens propres à augmenter le rendement de leurs cultures afin d'abaisser leur prix de revient et de conserver leurs débouchés. Il leur est plus difficile d'apporter des perfectionnements rapides parce qu'il s'agit de les appliquer à de très vastes surfaces.

La Tunisie récolte un peu plus que ce qui est nécessaire à sa consommation, ainsi que nous le verrons en parlant du commerce extérieur du Blé (vol. II); elle est devenue pays exportateur. Il est donc tout à fait urgent pour elle d'accroître son rendement unitaire, le prix sur lequel elle doit compter normalement à l'avenir c'est le prix au marché français diminué des frais de transport. La production est appelée à s'accroître par l'augmentation des surfaces cultivées; pour que la culture reste rémunératrice, il n'existe qu'un moyen : diminuer le prix de revient. Dans un pays où le rendement dépend si étroitement des méthodes culturales parce qu'elles corrigent les irrégularités des saisons, il apparaît comme indispensable de perfectionner encore ces méthodes et d'en généraliser l'application; les résultats obtenus dans cette voie par de nombreux agriculteurs français sont la preuve de l'efficacité de ces pratiques. Un certain nombre de grandes exploitations indigènes les ont adoptées plus ou moins complètement; le petit fellah lui-même, s'il veut faire face aux dépenses croissantes de son modeste entretien et s'assurer une existence un peu moins précaire, ne pourra se contenter longtemps de récolter 2 à 3 quintaux à l'hectare.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

concernant notre contribution personnelle

Systématique

Le genre *Triticum* (Blé) est surtout représenté en Tunisie par une espèce du deuxième groupe : *Triticum durum* Desf. (Blé dur) et par une espèce du troisième groupe : *Triticum vulgare* Host. (Blé tendre).

La première, cultivée depuis longtemps, au moins depuis l'invasion arabe, s'est très diversifiée, en raison des conditions de milieu, qui varient beaucoup de la région côtière pluvieuse et montagneuse aux plaines brûlantes pré-sahariennes et sans doute aussi par suite des introductions fréquentes dues aux années de récolte déficitaire.

La rareté des autres espèces du deuxième groupe, dans tout le Nord de l'Afrique, l'absence de plusieurs caractères dominants, dans les variétés cultivées, obligent à considérer cette région non comme un centre primaire d'origine du Blé dur, mais comme un centre secondaire de diversité.

Le Blé tendre n'était représenté, jusque vers 1908, en Tunisie, que par des impuretés dans les cultures de Blé dur. Des introductions d'Algérie, puis de contrées arides, éloignées, ont permis au Blé tendre de s'implanter et même de prédominer sur le Blé dur dans les cultures européennes. Beaucoup de Blés tendres sont mieux adaptés au climat nord-africain que les Blés durs. Il existe toutefois des Blés du troisième groupe (*T. vulgare*, *T. spelta*, *T. sphoerococcum*) dans les oasis sahariennes et la Mauritanie, à l'exclusion du Blé dur. Cette constatation donne à penser que les Blés du troisième groupe étaient peut-être cultivés dans tout le Nord de l'Afrique, avant l'invasion arabe.

L'action de l'homme a dû être souvent un facteur primordial de la dispersion des espèces de Blé et de la modification de l'aire de culture des différentes races.

La division des espèces de Blé en variétés botaniques utilise un nombre croissant de caractères et reste toujours arbitraire en raison de l'impossibilité d'établir une subordination, d'ailleurs illusoire, de ces caractères. La connaissance de la constitution génétique des formes végétales est plus intéressante que le morcellement des espèces

en subdivisions dont le nombre est presque infini. La description complète des lignées pures, stables, représentant des types parfaitement définis, peut seule apporter une précision suffisante dans la distinction des différentes formes de Blé.

Génétique

La *lignée pure*, constituée par un seul génotype, véritable unité élémentaire de la systématique, est difficile à isoler. Des individus peuvent être identiques morphologiquement et différer par des caractères non apparents : caractères fluctuants difficiles à apprécier, caractères chimiques ou physiologiques non étudiés.

L'épreuve du croisement avec un autre génotype, servant de réactif, apporte une grande probabilité de pureté, mais non une certitude complète.

L'isolement d'une lignée pure est surtout difficile à partir d'une population issue de croisement, par suite de la ressemblance morphologique de plusieurs génotypes ou phénotypes. Il peut en résulter la mise en culture de variétés formées de plusieurs génotypes de même aspect. Le croisement spontané de ceux-ci fait apparaître l'hétérogénéité de la population, donne l'illusion d'une variation et permet de nouvelles sélections. L'importance de cette question est très grande pour les producteurs de nouveautés végétales.

Nous n'avons jamais pu obtenir de modification d'une lignée pure en sélectionnant, dans son sein, les individus différant entre eux par des caractères quantitatifs. Nous devons conclure que, sauf le cas de mutation, une lignée pure reste stable; elle ne subit que les influences du milieu, sans effet sur sa descendance.

Au point de vue de la pratique agricole, dans le Nord de l'Afrique, tout grain sain, quel qu'en soit le volume, doit être considéré comme une bonne semence.

Les cas de *fécondation croisée spontanée* entre Blés ont été souvent observés par de nombreux expérimentateurs et par nous-même, entre des variétés fleurissant à des époques assez éloignées. Les épis chétifs des talles retardataires, exposés à mal nouer leur grain, par suite du mauvais état du pollen, sont les plus facilement fécondés par un pollen étranger.

Ces constatations créent, pour les sélectionneurs, l'obligation de conserver constamment des souches pures de leurs lignées. Toute lignée mise en grande culture est appelée à perdre sa pureté au voisinage d'autres Blés. La fécondation croisée spontanée se produit au sein de la même espèce, entre espèces de même groupe ou de groupes

différents, entre le genre *Triticum* et les genres affines *Secale* et *Aegilops*.

Une seule fécondation croisée entre deux espèces de Blé de deux groupes différents nous a donné un nombre considérable de formes. Il est probable que, dans la Nature, ces hybridations ont joué un rôle important dans l'apparition des variétés et peut-être des espèces.

De nos *hybridations intraspécifiques* on peut tirer les observations suivantes :

La forme spatulée de l'épi, due à une condensation de la partie supérieure, est héréditaire, mais la disjonction varie, pour des causes inconnues, suivant les géniteurs.

La fertilité des épillets se comporte comme caractère dominant, subit une ségrégation en F^2; sa variabilité sous l'influence du milieu n'a pas permis d'en établir la statistique.

Entre *l'état aristé et l'état mutique* des épis se placent de nombreux intermédiaires. Peu de Blés ont des glumelles à pointe mousse et sont réellement mutiques. Le prolongement de la glumelle présente toute une série de valeurs, parfois dans le même épi, en allant de la base au sommet.

Les croisements entre mutiques vrais ne donnent que des mutiques.

La présence d'épis aristés ou bréviaristés se manifeste toujours en F^2, si l'un des deux parents possède ce caractère. Nous n'avons pas observé l'apparition de barbes par cryptomérie.

Les mutiques apparaissent souvent dans le croisement de parents acuminés. Bien que dominant par rapport à la présence de barbes ou de pointes, l'état mutique paraît être un caractère négatif, dû à la perte d'un appendice, et d'acquisition plus récente que l'état acuminé et que l'état aristé.

L'absence de barbes (mutique+acuminé) domine toujours l'état aristé. Un certain nombre de cas donnent une disjonction 3 : 1, mais nous avons constaté de nombreuses exceptions.

La *pubescence des glumes* est difficile à définir exactement, car elle présente des degrés. Les variétés glabres sur la face externe des glumes présentent des poils sur la face interne.

Nous avons noté : la dominance de la pubescence, dans tous les cas, à la F^1; la probabilité de la conservation complète de la glabrescence, lorsque les parents sont glabres; une disjonction se faisant rarement dans le rapport 3 : 1, le nombre des pubescents étant soit inférieur, soit supérieur à trois fois celui des glabres.

La *coloration des épis* présente, comme les caractères précédents, toute une série de valeurs. La ségrégation s'est faite dans la proportion 3 : 1 dans la moitié des cas; elle a été irrégulière dans les autres;

ce caractère dépend probablement d'allélomorphes multiples. La couleur rousse est apparue dans deux cas de croisements blanc × blanc; le blanc a disparu dans un croisement blanc × roux. La gradation de teintes, que l'on observe presque toujours à partir de la F^2, rend difficile l'interprétation factorielle de ce caractère.

La solide fixation du grain et de ses enveloppes est apparue dans un certain nombre de nos croisements, dans lesquels entraient des Blés indiens, confirmation des observations d'autres expérimentateurs.

La couleur du grain doit être considérée d'après les travaux antérieurs comme un caractère tantôt unifactoriel, tantôt plurifactoriel. Les résultats que nous avons obtenus montrent des rapports très divers dans la disjonction et des anomalies difficiles à expliquer. L'appréciation de la couleur est difficile à l'œil humain. Il nous paraît nécessaire d'apporter à son étude le concours du spectrographe.

Pour ce qui concerne la *vitrosité du grain*, nous avons toujours obtenu une F^1 intermédiaire, mais il ne nous a pas paru possible d'établir une statistique à la F^2, en raison de la grande influence des conditions de milieu sur la manifestation de ce caractère.

Le *nanisme des tiges* a été observé chez certains hybrides intraspécifiques, et même le cas de plantes stériles ne dépassant pas le stade gazon.

La *hauteur de la plante* serait dominante; nous n'avons pas pu en faire la preuve, en raison de l'hétérosis très marqué, qui fait que la F^1 est plus haute que les parents. En F^2, les hauteurs forment un polygone de fréquence, souvent irrégulier, et il faudrait faire, dans cette série, des coupures arbitraires pour établir des proportionnalités illusoires.

Les caractères *paille grosse*, *paille rigide* se manifestent à la F^1 et se transmettent à un certain nombre de lignées, souvent associés à épi dense ou spatulé.

La *précocité* ne s'est pas montrée, dans nos croisements, un caractère dominant. Les F^2 donnent des courbes variables avec prédominance des formes ayant une époque d'épiage intermédiaire entre les épiages des deux parents.

La *réceptivité pour Puccinia glumarum*, qui serait plurifactorielle d'après les travaux de Nilsson-Ehle, n'a pas pu être étudiée génétiquement dans nos croisements, en raison des intensités très variables de l'attaque suivant les années. Nous avons observé, chez les hybrides, une résistance intermédiaire entre les résistances des parents.

Pour *Puccinia graminis*, les croisements avec parents tardifs, réceptifs, ont donné des hybrides de réceptivité accrue,

Les *qualités industrielles* (propriétés mécaniques des pâtes) chez les hybrides présentent de nombreuses combinaisons des deux qualités essentielles (élasticité et ténacité), ce qui indique la présence de nombreux facteurs et la possibilité d'obtenir, par l'hybridation, des Blés répondant parfaitement aux désirs de la meunerie et de la boulangerie.

Comme *anomalies* nous avons noté la fréquence des *épillets supplémentaires* à la suite de l'hybridation, l'apparition de *formes speltoïdes* rarement homozygotes, un hybride mosaïque pour la couleur des grains, une *mutation barbes lisses* dans une hybridation de Blés durs.

Nos *hybridations interspécifiques, dans un même groupe*, ont donné lieu aux observations suivantes :

T. vulgare × *T. sphoerococcum :* fertilité complète, dominance en F^1 de la forme des glumes et du grain de *sphoerococcum*, de sa paille fine et raide, de la coloration des glumes et du grain du géniteur qui présente ces caractères; les autres caractères sont intermédiaires ou nouveaux. En F^2, retour presque général aux formes d'épis et types de paille des deux géniteurs; apparition de variations transgressives et de caractères non parentaux; impossibilité d'unir, à l'état homozygote, la forme de l'épi et du grain du *vulgare* à la paille courte, fine et rigide de *sphoerococcum*.

Les deux espèces paraissent être assez éloignées l'une de l'autre; beaucoup de caractères se transmettent en bloc.

T. durum × *T. persicum :* fertilité complète; dominance de la coloration et de la pubescence des glumes; à la F^2, diverses irrégularités, perte de la pubescence, perte de la couleur blanche du grain, perte de la forte densité des épis.

Ces deux espèces sont assez éloignées l'une de l'autre.

T. durum × *T. turgidum :* fertilité complète, dominance régulière; perte de la pubescence, apparition de grains roux. Ces hybridations appellent quelques réserves concernant la pureté des lignées de *turgidum;* elles permettent toutefois de considérer les deux espèces comme génétiquement voisines.

Nous avons suivi la disjonction d'un *hybride interspécifique entre deux groupes différents* (*Triticum durum* × *T. vulgare*) et suivi pendant près de dix ans un grand nombre de lignées. Le nombre de formes différentes obtenues fut d'environ un millier, parmi lesquelles des *T. durum* stables, des *T. vulgare* stables, des formes intermédiaires durelloïdes, des speltoïdes et des formes nouvelles, toutes hétérozygotes et souvent stériles. Les caractères du groupe s'héritent en entier dans les formes stables; leur association (Blés durs sans barbes,

par exemple) ne se rencontre que chez les hétérozygotes. Toutes les formes *vulgare* obtenues étaient très sujettes à *Puccinia graminis;* contrairement à l'opinion de Bleier, cette hybridation ne nous a permis d'obtenir aucune forme présentant une amélioration d'ordre physiologique.

L'amélioration des Blés en Tunisie a été poursuivie, depuis 1907, par la *sélection individuelle* et la *culture pédigrée*, appliquées aux Blés indigènes et aux variétés introduites de tous les pays du Globe; elle a été complétée, à partir de 1919, par l'*hybridation.*

Le premier travail de sélection, dans les formes naturelles ou résultant de l'hybridation, a permis l'élimination de tous les Blés présentant de graves défauts : manque de précocité, résistance insuffisante aux intempéries et aux parasites. Les lignées reconnues intéressantes ont été mises à l'épreuve dans des *champs d'expérience régionaux* répartis dans tout le pays, afin de déterminer leur appropriation aux conditions locales de sol et de climat.

Depuis 1924, le *contrôle de la production et de la vente des semences* des variétés pédigrées de Blé est assuré par le Service Botanique, et des primes de l'Etat encouragent la production et l'emploi de ces semences.

Des *publications* et des *conférences* aux agriculteurs ont tenu ces derniers au courant des progrès successifs et des avantages que présentent les cultures pures de Blé. Les agriculteurs français de la Régence, très ouverts au progrès, ont été, pour le Service Botanique, de précieux collaborateurs et ont largement profité de nos travaux. Il est à souhaiter que l'agriculture indigène, plus lente à se perfectionner, bénéficie plus complètement, dans l'avenir, des résultats indiscutablement acquis.

Un des problèmes les plus difficiles à résoudre est celui des *essais comparatifs;* en raison de l'hétérogénéité du milieu agricole, on ne peut prétendre qu'à une probabilité plus ou moins grande quand il s'agit d'apprécier la supériorité d'une variété ou d'une méthode de culture. Nous avons essayé diverses méthodes s'appuyant sur le calcul des probabilités; cette étude est encore en cours, en vue de la simplifier suffisamment pour la rendre applicable aux champs d'essais régionaux.

Les *Blés durs*, étant seuls cultivés en Tunisie au moment où nous avons commencé nos travaux, furent l'objet des premières tentatives d'amélioration.

Une collection aussi complète que possible des formes indigènes fut recueillie; les lignées pures, issues de la sélection généalogique, furent mises à l'épreuve dans les champs d'essais régionaux, à partir de 1911.

Les variétés en grande culture représentent toutes des lignées ayant pour origine cette sélection dans les formes locales.

Les introductions des autres pays nord-africains, des contrées circum-méditerranéennes, d'Abyssinie, d'Australie, d'Amérique ne nous ont pas encore fourni de Blés nettement supérieurs aux lignées indigènes. Quelques-unes, actuellement à l'essai, sont surtout intéressantes par la réduction de leur appareil végétatif et leur précocité.

Les Blés indigènes sont remarquables par la qualité de leur grain; leurs principaux défauts sont : un appareil végétatif trop développé et une période végétative trop longue, qui les exposent à la verse, au mitadinage et à la rouille noire dans les régions humides du Nord, à l'échaudage dans les districts chauds et secs du Centre et du Sud.

Leur amélioration est poursuivie par l'hybridation.

Des gains très sensibles au point de vue précocité, réduction de la taille, fertilité des épillets ont été obtenus par le croisement des variétés locales avec des Blés durs d'Asie mineure et avec des *Triticum pyramidale* d'Egypte. Quelques obtentions intéressantes sont à l'épreuve, depuis deux ans, dans les champs d'expérience régionaux. L'augmentation de la précocité s'accompagne souvent de la disposition au mitadinage, qui obligera à cantonner ces Blés dans les régions arides.

L'obtention de Blés non sujets au mitadinage est actuellement recherchée en faisant intervenir comme géniteur le *T. persicum*, qui, d'après les essais géographiques russes, garde sa vitrosité sous toutes les latitudes. Des hybridations récentes entre *T. durum* et *T. turgidum* ont pour but d'accroître la fertilité des épillets et l'obtention de Blés durs à productivité plus élevée.

Pour les *Blés tendres*, non cultivés à l'époque où nous avons commencé nos travaux, nous avons eu recours à des introductions de variétés étrangères, négligeant, peut-être à tort, les formes locales qui existent comme impuretés dans les cultures de Blé dur.

Les variétés françaises et italiennes furent essayées sans succès. Le Blé de Mahon importé d'Algérie prit rapidement une grande extension. Ses défauts sont le manque de précocité et une fâcheuse tendance à la verse. La Richelle hâtive 110 provenant d'impuretés dans un Blé australien commença, vers 1913, à prendre une place importante dans les régions demi-arides; elle est remarquablement résistante à la rouille jaune et à la rouille noire, et demi-précoce; malheureusement, elle supporte mal le froid et l'humidité au début de sa végétation. Le Baroota, également australien, peu précoce, mais assez résistant à la verse, a permis l'extension de la culture du Blé tendre aux régions humides.

La recherche de Blés tendres très précoces fut rendue difficile par

la grande susceptibilité de presque tous ces Blés à la rouille jaune. Le Florence 135, importé d'Australie, et l'Irakié 231, qui ressemble beaucoup au Pusa 4, se montrèrent très résistants à la sécheresse et plus productifs que les précédents, malgré des attaques parfois sévères de rouille jaune. Ils occupent maintenant de grandes surfaces, mais cèdent le pas à des hybrides, encore plus productifs, moins sensibles à la rouille jaune et plus résistants à la verse : Florence × Aurore 588 et plusieurs Pusa × Florence. Ces nouveaux hybrides ont en outre l'avantage de présenter une haute valeur boulangère qui les classe comme Blés de force.

L'encombrement du marché du Blé, l'obligation de la Métropole d'acheter, à l'étranger, des Blés de force, même lorsque sa production excède ses besoins, nous créait le devoir de spécialiser la Tunisie et tout le Nord africain français dans une production complémentaire de celle de la Métropole. Le résultat est actuellement atteint et les acheteurs français apprécient les Blés de force tunisiens.

Il nous reste à les améliorer du côté de la résistance à la rouille jaune et à augmenter leur résistance à la verse. De nouveaux hybrides, actuellement à l'essai, paraissent devoir remplir ces desiderata.

Nous avons toujours constaté, dans les nombreuses hybridations que nous avons réalisées, que l'une des conditions indispensables à l'obtention de nouveautés intéressantes est que l'un des géniteurs appartienne à une variété locale ou parfaitement adaptée.

L'amélioration des Blés tendres est beaucoup plus avancée que celle des Blés durs, au point que cette espèce de Blé, réputée incultivable en Tunisie il y a vingt ans, supplante de plus en plus le Blé dur, moins bien adapté aux conditions de milieu, malgré sa grande ancienneté dans le pays. C'est là un bon exemple de l'importance des méthodes d'amélioration dans l'appropriation, à chaque région, des cultures susceptibles d'y donner le meilleur résultat économique.

Il est à espérer que l'obtention de variétés de Blés durs plus précoces, moins sujettes à la sécheresse, à l'échaudage et à la verse, permettra à cette espèce de conserver une place importante, très désirable en raison des besoins de la Métropole en Blé dur.

Morphologie et physiologie

On peut considérer comme *périodes critiques* du développement du Blé les périodes correspondant à la naissance des plantes et à la formation des organes dont le nombre ou le poids a une répercussion sur le rendement.

La principale de ces périodes, envisagée par tous les auteurs qui se sont occupés de l'influence des facteurs météorologiques sur le ren-

dement, est celle de quatre semaines environ finissant une semaine après l'épiaison. Elle correspond, ainsi que nous l'avons montré, à une véritable crise de croissance pendant laquelle les besoins de la plante en eau et en aliments minéraux sont considérables. Son importance est particulièrement grande en Tunisie, parce qu'elle se situe à une époque où la sécheresse printanière commence parfois à se faire sentir.

Une autre période critique est celle de la germination, de laquelle dépend le nombre de plantes à l'unité de surface. La germination requiert une certaine température, qui fait rarement défaut en Tunisie, mais aussi une humidité du sol suffisante, condition qui n'est pas toujours réalisée, d'où résultent des levées trop claires, que le tallage n'arrive pas toujours à réparer. La bonne préparation du sol, une égale répartition des semences, leur enfouissement à faible profondeur contribuent à régulariser la levée.

Le tallage, pouvant se produire pendant une assez longue période, est rarement insuffisant si la levée est bonne. Il suffit de 2 à 3 tiges par pied pour obtenir la densité optima de récolte. Seuls les Blés très précoces peuvent monter sans taller s'ils sont semés trop tôt.

La maturation, dont dépendent le volume du grain et ses qualités, constitue, sous le climat nord-africain, une période critique qui conditionne dans une large mesure le rendement quantitatif et qualitatif. Plus elle est tardive, plus elle risque de souffrir d'une insuffisance d'humidité du sol et d'une température excessive de l'air, déterminant l'échaudage. L'un des principaux objectifs de l'amélioration du Blé en Tunisie a été, pour nous, la recherche et l'obtention de variétés très hâtives. Seules ces variétés ont permis d'atteindre des rendements élevés autrefois inespérés; leur culture présente une beaucoup plus grande sécurité que celle des variétés plus tardives.

La considération de ces diverses périodes critiques nous paraît indispensable pour l'étude écologique du Blé dans le milieu nord-africain.

Certaines variétés de Blé se montrent rustiques, d'autres plus ou moins exigeantes et délicates; en un mot, elles ne réagissent pas de la même manière aux agents extérieurs. Un exemple nous a permis de montrer que ces différences de tempérament peuvent s'expliquer par un mode différent d'absorption des aliments minéraux. L'étude des besoins des variétés de Blé aux différentes périodes de leur développement peut fournir des renseignements précieux sur le milieu dans lequel il convient de les cultiver.

Parmi les *accidents* qui surviennent au *cours de la végétation*, les principaux qui intéressent la Tunisie sont les suivants :

La *verse* est devenue, dans les sols fertiles et bien travaillés, l'un des principaux facteurs limitants du rendement. La verse en herbe, due à un développement foliacé trop grand de certaines variétés, pendant le début de leur croissance, se produit chez les Blés durs, les Blés tendres Baroota et Mahon. Les Blés précoces ou demi-précoces, récemment propagés, y sont moins sujets.

La verse peu après l'épiaison est la plus dangereuse et affecte beaucoup le rendement. Elle est moins préjudiciable lorsqu'elle survient pendant la maturation. Les variétés de Blé présentent des résistances très variables à la verse tardive; le Sbéi 292 parmi les Blés durs, le Baroota 52 et surtout le Florence-Aurore 588 parmi les tendres, sont de bonne résistance. Un certain nombre de nos nouveaux hybrides à paille courte, très rigides, paraissent vraiment mériter le qualificatif d'inversables; il reste à vérifier si leurs autres qualités sont satisfaisantes. Souvent ces Blés de format réduit et à paille raide ont des épis très denses, parfois spatulés, contenant un grain trop petit et sujet à l'échaudage.

Si *le gel du Blé* en hiver n'est pas à craindre en Tunisie, le gel de l'épi est fréquent; il constitue l'un des principaux aléas de la culture du Blé dans les hautes plaines tunisiennes et sur les Hauts-Plateaux algériens. Cet accident était considéré comme peu fréquent par les agriculteurs de la Régence, qui n'attribuaient à la gelée que la destruction généralement partielle des épillets. Nous avons montré, en collaboration avec M. Chabrolin, que le gel peut détruire complètement les épis, à peine formés dans la gaine, causant des dégâts très graves; que les ovaires ou les jeunes grains peuvent être détruits dans les épis, qui gardent leur aspect extérieur tout en étant plus ou moins vides. Ces dégâts étaient autrefois considérés comme un avortement des talles et un avortement des grains, mais n'étaient pas attribués à la gelée.

En réalité, les autres risques de coulure des fleurs sont très réduits.

Un autre accident grave, qui peut compromettre la récolte, est *l'échaudage* brusque de l'épi. Les causes n'en sont pas complètement élucidées et leur étude expérimentale est à entreprendre.

Il en est de même du *mitadinage*, qui réduit le rendement en semoule des Blés durs et sert d'argument aux acheteurs pour déprécier ces Blés.

Conditions naturelles de la production du Blé

Elles comprennent le climat et le sol.

Le *climat* de la Tunisie est caractérisé par une grande irrégularité et des variations de grande amplitude des principaux facteurs affectant la végétation : pluie, chaleur, humidité de l'air, vents. Ces par-

licularités, qui exposent les cultures de Blé à de graves aléas, s'expliquent par les actions opposées de la mer et du désert qui s'exercent alternativement pendant des périodes de durée variable.

Les températures extrêmes créent les risques de gel et d'échaudage; ils sont beaucoup moins importants que ceux qui résultent de l'irrégularité des précipitations quant à leur quantité et quant à leur répartition.

Pour la plus grande partie de la Tunisie, le facteur primordial du climat est la pluie. L'abondance des précipitations est régie par le système orographique qui condense les pluies des vents humides soufflant du N.-W. et parfois de l'E.

Au point de vue agricole, les moyennes, qui représentent des valeurs théoriques très rarement atteintes, ont peu d'importance; il est plus important de connaître les écarts par rapport à la moyenne et leur fréquence. Nous avons calculé ces écarts pour une période de 30 ans, en utilisant les données du Service Météorologique tunisien, pour 23 stations de la partie du territoire qui cultive le Blé. Les chiffres obtenus montrent, pour chaque région, le pourcentage d'années à automne, hiver et printemps normaux, humides, très humides, secs ou très secs. Lorsque ce document pourra être complété, pour un plus grand nombre de stations et pour une plus longue période, il permettra d'établir une carte des risques que font courir aux cultures les irrégularités de la répartition des pluies.

Il existe actuellement peu de documentation sur les *sols* de Tunisie, sauf de nombreuses analyses. Les conditions de formation du sol aux dépens de la roche-mère sont très différentes, dans le Nord où il tombe plus de 1 mètre de pluie et dans le Sud où la pluviométrie est souvent inférieure à 200^{mm}. Les températures moyennes sont également très variables. Il en résulte que les formations végétales présentent, du Nord au Sud, des différences très marquées et il en est de même des types de sols. Une étude pédologique de la Tunisie doit être placée à la base de l'étude agronomique des sols agricoles. L'Office de l'Expérimentation et de la Vulgarisation agricoles a bien voulu, sur nos propositions, confier cette mission à un spécialiste de la pédologie. Cette étude est actuellement en cours.

Ce que révèlent les analyses des terres de Tunisie, c'est la grande richesse des sols des régions arides en éléments de fertilité, sauf en acide phosphorique, élément dont il est facile de s'approvisionner sur place (phosphates naturels et superphosphates); c'est aussi leur bonne constitution physique assez générale. Seule la présence fréquente du tuf crée des difficultés pour la mise en culture. Sa rupture et son extraction, au besoin par des moyens mécaniques appropriés, a déjà permis l'amélioration de nombreux sols.

Le Blé réussit dans la plupart des terres, quelle que soit leur nature, pourvu qu'elles renferment l'eau et les éléments de fertilité indispensables. Seules les méthodes de travail doivent être appropriées à la nature du sol.

Le rôle essentiel de *l'eau du sol*, dans la production du Blé, nous a engagé à rechercher des précisions sur le mouvement de l'eau dans le sol. Nous avons considéré comme nécessaire d'exposer un résumé des travaux récents d'agronomes étrangers portant sur des régions à climat comparable à celui de la Régence. Les résultats expérimentaux exposés par ces auteurs apportent de nombreuses explications aux faits constatés par les agriculteurs du Nord de l'Afrique quant aux effets des travaux agricoles sur l'accumulation et la conservation de l'eau dans le sol. En utilisant nos propres résultats de mesure de la température des terres à différentes profondeurs, nous avons pu envisager le mode d'action des façons culturales. Une installation de grandes cases de végétation de 2^m 50 de profondeur permettra d'entreprendre prochainement l'étude expérimentale de ce problème, capital pour les agriculteurs et arboriculteurs de la Régence.

Phénologie et Ecologie

Le rendement du Blé est la résultante de la réaction de la plante Blé, douée, pour chaque variété pure, d'une productivité propre, aux facteurs du milieu physico-chimique et au milieu animé (concurrents, parasites).

La phénologie, qui est l'étude de l'adaptation du rythme de croissance de la plante au rythme du climat, et l'écologie, qui détermine les réactions de la plante aux variations des facteurs du milieu, sont les compléments indispensables de la génétique, qui s'occupe du choix et de la création de variétés productives.

Nous nous sommes efforcé d'établir un *programme d'études phénologiques et écologiques* appliquées d'abord au Blé, puis devant être étendues aux autres plantes cultivées. A cet effet, les champs d'expérience régionaux ont été pourvus des appareils météorologiques nécessaires à la mesure de la pluie, de la température de l'air et du sol, de l'humidité de l'air, du vent, de la radiation solaire.

La variété (lignée pure) devra être prise comme unité végétale dans ces études.

L'action des facteurs écologiques sur le Blé doit être étudiée, pour certains facteurs (durée de l'insolation, par exemple), sur de vastes régions, au moyen d'essais géographiques internationaux. Nous avons participé à ceux qu'a organisés depuis trois ans l'Institut international d'Agriculture de Rome. Nous avons résumé les faits saillants con-

cernant ces essais et ceux de l'Institut de Botanique appliquée de l'U. R. S. S., en apportant à la discussion nos observations personnelles. Il nous semble que les conclusions tirées de ces essais sont parfois trop générales et doivent être soumises à de nouvelles épreuves comportant des essais de variétés précoces africaines dans les pays septentrionaux.

Il en découle toutefois une observation pratique de grande importance : la nécessité d'aller chercher des variétés précoces de Blé, non dans les pays du Nord, mais dans des régions à jour plus court, plus rapprochées de l'Equateur.

Les chiffres que nous avons obtenus en Tunisie, pour la variabilité du gluten de plusieurs lignées pures, concordent avec les observations tirées des essais internationaux ou russes : toutes les conditions qui prolongent la période de maturation diminuent la richesse en gluten.

Au point de vue de la résistance aux rouilles, la réceptivité particulière de chaque variété est fortement influencée par l'époque et la durée de la période de végétation, particulièrement de la période de maturation. Des expériences en milieu artificiel semblent nécessaires pour étudier séparément les variations de la réceptivité des Blés et celles de la puissance d'attaque des champignons.

Nous avons pu esquisser l'étude de *l'influence de la pluie sur le rendement quantitatif du Blé* en Tunisie, en calculant la corrélation entre ce rendement et les pluies totalisées à la fin de plusieurs mois ou les pluies mensuelles de printemps. Les résultats obtenus sont d'accord avec les observations de la pratique agricole et permettent d'espérer que la même étude, appliquée à deux facteurs au moins (pluie et température), constituera une méthode objective de prévision du rendement basée sur les documents météorologiques.

La variabilité du rendement qualitatif pour les Blés tendres a été étudiée à partir de 1931. La première année d'observations, si elle n'autorise pas de conclusions définitives, fait ressortir des variations importantes des propriétés mécaniques de la pâte en liaison avec la situation géographique et les conditions écologiques des cultures, la possibilité d'établir une corrélation entre ces propriétés et les facteurs écologiques et, comme conséquence pratique, une régionalisation des variétés de Blé tendre, dans le but de placer chacune d'elles dans le milieu où ses qualités peuvent se manifester au maximum.

Méthodes de culture

Elles ont pour but d'obtenir de l'exploitation du sol le maximum de rendement, tout en conservant et même en augmentant sa fertilité.

En dehors du choix des espèces et des variétés à cultiver, elles re-

présentent le seul mode d'action de l'agriculteur, s'exerçant sur le milieu physico-chimique.

Le choix de *l'assolement* a été pour les colonisateurs de la Tunisie un gros problème, la tradition indigène ne pouvant être suivie en raison du mode extensif d'exploitation du sol auquel elle correspond. Après bien des expériences et des tâtonnements, il s'est établi une doctrine dont l'application a permis d'augmenter progressivement les rendements et de les régulariser en réduisant, dans une large mesure, les aléas que faisaient courir à la production végétale les particularités du climat. La culture du Blé, élément primordial de cette production, a surtout bénéficié de ces multiples observations et de l'expérience acquise.

L'assolement biennal jachère-Blé, avec perfectionnement de la préparation du sol pendant la jachère, est devenu un véritable dogme dans toutes les régions recevant de 300 à 500^{mm} de pluie. Il permet d'accroître progressivement l'approvisionnement du sol en eau et sa productivité. Dans les exploitations les mieux travaillées, l'augmentation de la fertilité se traduit par la verse, qui limite les rendements. Il semble que, pour un certain nombre d'entre elles, le moment soit venu de prélever deux récoltes successives de céréales, en adoptant, au moins pour les parcelles les plus riches, un assolement triennal.

Dans les régions à plus de 500^{mm} de pluie, et surtout dans celles qui reçoivent plus de 600^{mm}, l'humidité du sol permet de remplacer la jachère nue et travaillée par une culture sarclée.

La culture en bandes séparées par des intervalles travaillés est une sorte d'assolement biennal qui convient surtout aux régions très sèches, parce qu'il permet la meilleure utilisation de l'eau du sol par la récolte.

Le *travail du sol*, qui a surtout pour but, dans les régions humides, de nettoyer le sol, de l'ameublir et de l'aérer, doit être conduit, dans les régions arides, avec la préoccupation d'emmagasiner dans ce sol l'eau nécessaire au développement des cultures; cette technique de l'arido-culture est généralement désignée sous le nom américain de « dry-farming ».

Nous avons montré que le sol, en place, même dans les terres fortes, présente 0,40 à 0,50 de son volume formé de lacunes occupées par l'air et l'eau.

L'eau de pluie descend d'autant plus rapidement dans le sol qu'il est plus humide, d'où la grande importance de conserver cette humidité. L'approvisionnement du sous-sol augmente d'année en année et ainsi s'accroît la profondeur de sol qui peut être utilisée par les racines.

L'évaporation par la surface est d'autant plus faible que la couche

superficielle est plus sèche et plus chaude, d'où l'utilité des façons superficielles répétées.

Les plantes adventices évaporent en pure perte l'eau des jachères et des terres ensemencées; leur destruction est indispensable pour que le travail du sol donne son maximum d'effet utile.

La *fertilité du sol* est déterminée par sa constitution physique, sa teneur en aliments minéraux et l'état de ces substances dans le sol. L'état colloïdal de certains composés minéraux et organiques, la vie microbienne qui s'installe dans ces milieux de culture compliquent beaucoup les conditions de fertilité du sol. Cet état physico-chimique du sol varie constamment, rapidement et provoque des changements de fertilité autrement importants que ceux qui tiennent à la composition chimique. Cette fertilité peut être accrue par des façons culturales judicieuses, et amoindrie par des travaux exécutés à contre-temps.

Nous avons cherché à nous rendre compte de l'action fertilisante, constatée par tous les agriculteurs, des façons superficielles répétées même en plein été, alors que la couche supérieure du sol est complètement pulvérulente et desséchée. Des expériences directes ont montré l'accroissement considérable de la fertilité par la dessiccation de la terre au soleil ou à l'étuve et nous avons émis l'hypothèse, à vérifier, que l'augmentation de principes fertilisants solubles tient à la destruction momentanée de l'état colloïdal et de la vie microbienne, à une mobilisation des aliments minéraux, retenus dans la couche superficielle.

Pour diriger utilement les travaux de préparation du sol et l'emploi des engrais, il faudrait connaître *le régime*, *le cycle des aliments minéraux et de la matière organique*.

L'une des questions les plus importantes à résoudre en Tunisie est le régime des matières organiques. L'agriculture tunisienne n'emploie pas d'engrais organiques; la jachère travaillée, très généralisée, est destructive de matière organique; seul le système radiculaire des récoltes constitue un apport de carbone, une année sur deux. Cet apport est-il suffisant pour maintenir dans le sol la quantité de matière organique nécessaire à la vie microbienne, facteur très important de la fertilité? Nous ne pouvons pas, actuellement, répondre à cette question. Son étude demande une installation de grandes cases à végétation, remplies de terre homogénéisée, de composition connue. La réalisation de cette installation est prochaine.

Le cycle de l'azote a été étudié sous notre direction par l'un de nos collaborateurs et commence à être précisé. Cet élément s'accumule dans le sol à certains moments, sous l'influence des façons culturales, et disparaît ensuite, qu'il soit utilisé ou non par la végétation.

Le régime de l'acide phosphorique et de la potasse ne pourra être étudié que dans les cases de végétation.

L'appréciation de la fertilité d'un sol ne peut être basée uniquement sur les résultats de l'analyse physico-chimique. Nous avons donné des exemples de la détermination des facteurs limitants de la fertilité par une méthode de culture en bacs permettant de compléter et d'interpréter les résultats analytiques.

L'emploi des engrais ne peut être basé que sur un examen des sols d'après la méthode de culture en bacs. Les engrais azotés sont inutiles dans certains cas et peuvent être avantageusement employés, au début de la végétation, quand des pluies abondantes entraînent profondément l'azote nitrique. Un épandage tardif est indiqué par la pénurie d'azote nitrique dans nos terres au début du printemps.

Les engrais phosphatés donnent généralement de bons résultats, la plupart des terres étant pauvres en acide phosphorique.

La potasse existe presque toujours en grande quantité, surtout dans les sols à éléments fins. L'emploi des engrais potassiques ne se justifie que dans certains sols.

L'emploi de la magnésie n'a pas encore fait l'objet d'études expérimentales en Tunisie.

L'exécution des *semailles* a une grande influence sur le rendement. Un haut rendement requiert une grande régularité de la répartition des semences permettant d'obtenir une densité suffisante de la récolte (250 à 350 épis au mètre carré suivant qu'il s'agit de Blé dur ou de Blé tendre). Seul le semoir en lignes permet d'obtenir cette régularité.

La quantité de semences à employer à l'hectare varie suivant la fertilité du sol et surtout selon son approvisionnement en eau. Elle décroît en allant du Nord au Sud.

L'époque des semailles dépend du mode de végétation de la variété semée. Les indications relatives à chaque variété sont données dans sa fiche descriptive.

Les *travaux d'entretien* ont pour double but la suppression des herbes et la conservation de l'eau. Dans des terres propres et pour une culture suffisamment dense, ils peuvent être négligés.

La moissonneuse-batteuse est remarquablement adaptée aux conditions de *récolte* en Tunisie. Son emploi est le plus grand progrès réalisé dans la culture mécanique. Il est toutefois nécessaire que la surface récoltée corresponde aux possibilités de la machine, afin de faire supporter les frais généraux de son acquisition par un nombre suffisant d'hectares.

Statistique de la culture et de la production

Le Blé et l'Orge représentent, en Tunisie, environ les 0,92 des cultures annuelles et occupent environ 1.200.000 hectares. Les cultures de Blé ont passé de 415.000 hectares (moyenne quinquennale) en 1909 à 685.000 en 1929; elles se sont accrues à une cadence moyenne de 13.000 hectares par an. Les emblavements des Européens ont progressé de 44.000 hectares en 1914 à 133.000 hectares en 1928, soit du simple au triple en 15 ans.

L'Orge est restée stationnaire et l'Avoine a régressé d'un tiers.

Les surfaces emblavées subissent de fortes variations et sont parfois réduites de plus du tiers, chez les Indigènes, lorsque la pluie fait défaut à l'époque des semailles.

La production subit des fluctuations beaucoup plus importantes que celles de la surface emblavée, ce qui traduit nettement les aléas que fait courir, à la récolte, l'irrégularité du climat et en particulier du régime des pluies. Ces variations, du simple au triple, et même davantage, s'atténuent dans les cultures européennes par suite de la généralisation des bonnes méthodes de préparation du sol et de l'emploi de variétés de Blé tendre mieux appropriées au climat.

Le rendement moyen est très faible, parce que cette moyenne englobe de grandes surfaces, dans le Centre et le Sud, ensemencées dans des conditions très précaires par les Indigènes. Les cultures européennes arrivent, dans le Nord, à un chiffre comparable à celui des pays grands producteurs de Blé. Dans certaines exploitations particulières, un rendement moyen dépassant 21 quintaux a pu être obtenu, pendant les neuf dernières années, sur des centaines d'hectares. Les rendements maxima de 30 quintaux ne sont plus de rares exceptions et permettent de mesurer l'importance de la généralisation des méthodes employées dans ces exploitations, qui peuvent servir de modèles. Les résultats obtenus et la marge des progrès encore à réaliser sont les meilleurs encouragements à poursuivre l'amélioration des variétés et celle des méthodes de culture.

BIBLIOGRAPHIE

AARONSOHN A. (1909). — Contribution à l'étude des céréales. *Bull. Soc. Bot. Fr.* T. 49, pp. 196, 237, 251.

AASE H. C. (1930). — *Research Studies, State College of Washington*, 2, pp. 1-60.

AGAFONOFF V. (1929). — La Pédologie. *Rev. Géog. phys. et Géol. dyn.*, octobre.

AKERMAN A. (1920). — Spelt-like bud-sports in common wheat. *Hereditas I*, pp. 116-127.

AKERMAN A. (1923). — Beiträge zur Kenntnis der Speltoidmutationen des Weizens, *Hereditas* IV, pp. 111-124.

AKERMAN A. (1927). — Weitere Studien über Speltoidchimären bei Triticum vulgare, *Hereditas* IX, pp. 321-334.

AMIABLE J. V. (1928) — Valeurs de l'intensité du rayonnement solaire (1924-1927) à l'Ariana (Service Botanique) pour l'incidence normale. *Ann. Serv. Botan. Tun.* II, pp. 127-191.

AMIABLE J. V. (1925). — La dessiccation des sols et l'accroissement de fertilité qui en résulte. *Ann. Serv. Bot. Tun.* III, 3, pp. 219-241.

ANDRÉ G. (1921). — *Chimie du sol*, Paris, 2e édition.

AVDULOW N. P. (1931). — Karyo-systematische Untersuchung der Familie Gramineen. *Bull. app. bot. supp. 43th.*

AZZI G. (1927). — Le climat du Blé dans le Monde. *Institut intern. agric.*

AZZI G. (1931). — *Lavori del centro internazionale di coordinamento delle ricerche della ecologia agraria e della genetica.* Portici.

BALANESCO G. (1930). — Sur la rétention de l'acide phosphorique par la matière organique du sol. *Ann. Sc. agron. franç. et étrang.*, pp. 364-376.

BEAN L. H. (1929). — A simplified method of graphic curvilinear correlation. *American statistical Association*, pp. 386-397.

BEAUVERIE J. (1912). — Etat actuel de la question de la propagation des rouilles. *Ann. Sc. nat. Bot.* L., p. 11.

BEAUVERIE J. (1922). — Sur la période critique du Blé. *C. R. Acad. Sc.*, T. 175, p. 362.

BEAUVERIE J. (1923a). — Sur les rapports des différentes rouilles du Blé avec le climat. *Notes et rapports sur la sélection généalogique du Blé en 1922*, pp. 23-26. Clermont-Ferrand et *C. R. Acad. Sc.*, T. 176, pp. 529 à 531.

BEAUVERIE J. (1923b). — Influence de l'époque de maturation du Blé sur le développement de *Puccinia graminis*. *C. R. Ac. Sc.*, T. 176, pp. 27-28.

BEAUVERIE J. (1923c). — Influence de la hauteur d'eau météorique pendant la période critique du Blé sur le rendement. *C. R. Acad. Sc.*, T. 176, pp. 707-709.

BEAUVERIE J. (1923d). — La rouille jaune du Blé. *C. R. Acad. Sc.*, T. 177, pp. 919-971.

BEAUVERIE J. (1924a). — Sur les circonstances qui peuvent modifier l'effet de la « période critique » sur le rendement du Blé. *Notes et rapports sur la sélection généalogique du Blé en 1923*, pp. 28-30. Clermont-Ferrand.

BEAUVERIE J. (1924b). — La rouille jaune du Blé (*Puccinia glumarum*) en 1923. *Notes et rapports sur la Sélection généalogique du Blé en 1923*, pp. 30-48.

BEAUVERIE J. (1924c). — Sur la germination des urédospores des rouilles du Blé. *C. R. Acad. Sc.*, T. 179, p. 993.

BERTAINCHAND (1913). — Les Phosphates tunisiens. *Rev. agric. et vitic. Afr. Nord*, pp. 268-292-323.

BERTHELOT M. et ANDRÉ G. (1887). — In André, 1921, p. 269.

BERTHELOT D. et GAUDECHON H. (1911). — La nitrification par les rayons ultra-violets. *C. R. Acad. Sc.*, T. 152, pp. 522-524.

BIFFEN R. H. (1905). — Mendel's laws of inheritance and wheat breeding. *Journ. Agr. Sc.*, I, pp. 4-48.

BIFFEN R. H. (1908-1909). — On the inheritance of strength in wheat. *Journ. Agr. Sc.*, 3.

BIFFEN R. H. (1916). — The suppression of characters in crossing. *Journ. Gen.*, V., pp. 225-228.

BLARINGHEM L. (1914). — Sur la production d'hybrides entre l'Engrain (*Triticum monococcum*) et divers Blés cultivés. *C. R. Acad. Sc.*, T. 158, pp. 346-349.

BLARINGHEM L. (1922). — Sur un hybride stérile d'Epeautre et de Seigle. *R. C. Acad. Sc.*, T. 175, pp. 635-637.

BLARINGHEM L. (1923). — Nouveaux faits relatifs aux hybrides de Blé et d'Aegilops. *C. R. Acad. Sc.*, T. 160, pp. 852.

BLARINGHEM L. (1924). — Sur un nouvel hybride fertile de Blé poulard (*Triticum turgidum* L.) et de Seigle (*Secale cereale* L.). *Bull. Soc. Bot. Fr.*, pp. 1158-1168.

BLARINGHEM L. (1925a). — Production de nouveaux hybrides entre les espèces sauvages de *Triticum* (*monococcum* L., *dicoccoides* Körn.) et les principaux Blés cultivés. Analyse de leurs affinités. *C. R. Acad. Sc.*, T. 180, pp. 218-220.

BLARINGHEM L. (1925b). — Sur un nouvel hybride d'Aegilops et de Blé (*Aegilops ventricosa* Tausch. × *Triticum turgidum* L.). *C. R. Acad. Sc.*, T. 181, p. 807.

BLARINGHEM L. (1926). — Sur la ségrégation en mosaïque chez les hybrides fertiles de Blé et de Seigle. *C. R. Acad. Sc.*, T. 183, pp. 1049-1051.

BLARINGHEM L. (1927). — Affinités des Blés sauvages *Triticum Aegilopoides* Balanso et *Tr. monococcum* L. démontrées par leurs hybrides réciproques. *C. R. Acad. Sc.*, T. 184, p. 225.

BLARINGHEM L. (1930). — Sur un nouvel hybride d'Aegilops et de Blé (*Aegilops ovata* L. × *Tr. dicoccum* Schub. var. *Ajar* Perciv.). *C. R. Acad. Sc.*, T. 191, p. 362.

BLARINGHEM L. (1931). — Sur la production expérimentale des Blés épeautres (*Tr. spelta* L.) à partir d'une plante sauvage (*Aegilops ventricosa* Tausch.). *C. R. Acad. Sc.*, T. 193, p. 330.

Bleier H. (1928a). — Zytologische Untersuchungen an seltenen Getreide- und Rübenbastarden. *Zeit. Ind. Abst. Vererb. Supp.* 1, pp. 447-452.

Bleier H. (1928b). — Genetik und Cytologie teilweise und ganz steriler Getreidebastarde. *Bibliogr. Gen.* IV, pp. 321-400.

Bleier H. (1930). — Cytologie von Art-und Gattungsbastarden des Getreides. *Der Züchter* I, pp. 12-22 (9 référ. bibliogr.).

Bœuf F. et Tournieroux A. J. (1905). — L'humidité du sol agricole. *Bull. Direct. Agric. Tun.*, pp. 286-303.

Bœuf F. (1911). — Cultures de sortes pures de variétés de céréales. Observations sur la stabilité et la variabilité de leurs caractères. *4e Conférence internationale de Génétique, Paris*, pp. 319-325.

Bœuf F. (1913). — Formes tératologiques chez *Hordeum vulgare*. *Assoc. franç. Avanc. des Sc.*, Tunis, pp. 301 à 303.

Bœuf F. (1922a). — Intensification de la production du Blé en Tunisie. *C. R. du Congrès des Céréales. Exp. col. Marseille.*

Bœuf F. (1922b). — Deux cas de fécondation croisée chez le Blé dur (*Tr. durum*) et chez le Blé tendre (*Tr. vulgare*). *Ann. Serv. Bot. Tun.* I, pp. 447-462.

Bœuf F. (1922c). — Influence du choix des semences sur le rendement des céréales. *Ann. Serv. Bot. Tun.* I, pp. 479-494.

Bœuf F. (1923). — Les Blés de Tunisie. Variétés. Aptitudes agricoles et industrielles. Amélioration. *Rapport présenté à la Semaine nationale du Blé*. Paris.

Bœuf F. (1925a). — Contribution à l'étude du Blé dur (*Triticum durum* Desf.) particulièrement des variétés cultivées en Tunisie. *Ann. Serv. Botan. Tun.*, III, pp. 291-338.

Bœuf F. (1925b). — Inefficacité de la sélection basée sur deux caractères fluctuants, appliquée à une lignée pure de Blé tendre et à une lignée pure de Blé dur. *Ann. Serv. Bot. Tun.*, III, pp. 339-346.

Bœuf F. (1925c). — Le rayonnement solaire. Généralités. *Id.* III, pp. 5-17.

Bœuf F. (1926). — Amélioration de la culture du Blé en Tunisie. *Rev. Bot. appl.*, pp. 657-757.

Bœuf F. et Amiable J. V. (1927a). — Evaluation du coefficient de transmission de l'atmosphère pour la radiation solaire (1924-26) au Serv. Bot. de Tunisie. *C. R. Assoc. franç. Avanc. Sc.*, Constantine.

Bœuf F. (1927b). — *Eléments de biologie et de génétique appliquée à l'amélioration des plantes cultivées*, Tunis.

Bœuf F. (1928a). — Influence probable de l'état hétérozygote sur la productivité du Blé tendre. *Ann. Serv. Bot. Tun.*, V, 1, pp. 9-23.

Bœuf F. (1928b). — Les problèmes que pose l'amélioration du Blé en Tunisie. *Ann. Serv. Bot. Tun.*, V, 1, pp. 3-6.

Bœuf F. (1928c). — Valeur meunière et boulangère des Blés. *Ann. Serv. Bot. Tun.*, V, 1, pp. 25-72.

Bœuf F. (1928d). — Note à propos de la génétique du Blé. *C. R. Acad. agr. France*, pp. 1252-1264.

Bœuf F. (1928e). — Climat solaire théorique sous la latitude 36° 49' N. (station du Service Botanique de Tunisie). *Ann. Serv. Bot. Tun.*, V, 2, pp. 71-102.

Bœuf F. et Chabrolin Ch. (1930). — Action de la gelée sur les Céréales à l'époque de l'épiaison. *Ann. Serv. Bot. Tun.*, VI, pp. 79-106.

Bœuf F. (1929). — Quelques caractères particuliers de l'agriculture tunisienne (cultures annuelles) déterminée par les facteurs climatiques. *Rev. Bot. appl.*, pp. 549-631-699-773.

Bœuf F., Matweff M. et Seguela J. (1931). — Valeur boulangère des Blés tendres de Tunisie. *C. R. Acad. agr. Fr.*, pp. 103-129, et *Annales Serv. Bot. Tun.*, T. VII, pp. 55-72.

Briccoli M. (1931[a]). — L'umidità relativa e la manifestazione del carattere « pigmentazione », in Azzi 1931, pp. 217-219.

Briccoli M. (1931[b]). — Effetto dei fattori meteorologici sul tenore in glutine, in Azzi 1931, pp. 193-203.

Briccoli M. (1931[c]). — I fenomeni della fotoperiodicità e il frumento, in Azzi 1931, pp. 209-216.

Butler E. J. (1925). — Les conditions météorologiques en rapport avec les maladies des plantes. *Rev. intern. renseign. agr.* Vol. III, pp. 397-413.

Caporn A. St Clair (1918). — On a case of permanent variation in glume-lengths of extracted parental types and the inheritance of purple colour in the grains of *T. polonicum* × *T. Eloboni*. *Journ. Gen.* VIII, pp. 259-280.

Chaptal L. (1930). — La rosée et les dépôts aqueux de l'atmosphère. *Ann. Sc. agron. franç. étrang.*, pp. 69-77.

Chopin M. (1921). — Relations entre les propriétés mécaniques des pâtes de farine et la panification. *C. R. Acad. Sc.*, T. 272, pp. 450-452.

Clark J. A. (1924). — Segregation and correlated inheritance in crosses between Kota and Hard Federation wheats for rust and drought resistance. *Journ. agr. res.* 29, pp. 1-47.

Coupin A. (1925). — Les moissonneuses-batteuses. *Tunisie agricole*, p. 115.

Demolon A. (1926). — Sur l'association ammoniaco-nitrique et quelques composés uréiques. *C. R. Acad. Agr. France*, pp. 898-902.

Demolon A. et Barbier G. (1930). — Contribution à l'étude de l'évolution des phosphates solubles dans les sols minéraux. *Ann. Sc. agron. franç. et étrang.*, pp. 329-363.

Denaiffe H., M. Colle-Denaiffe et Sirodot E. (1928). — *Les Blés cultivés*, 3[e] édition. Carignan.

Draghetti A. (1927). — *Forme e limiti dello xerofilismo nel frumento*. Forlì.

Drude O. (1890). — *Handbuch der Pflanzengeographie*. Stuttgart.

Drude O. (1913). — *Die Oecologie der Pflanzen*, Braunschweig.

Ducellier L. (1920). — *Les Blés du Sahara*. Alger.

Ducellier L. (1923). — L'hybridation du Blé en Algérie. Formes speltoïdes et durelloïdes. *Bull. Soc. Hist. nat. Afriq. Nord*, T. XIV, p. 164.

Ducellier L. (1930). — *Espèces et variétés de céréales cultivées en Algérie*. Alger.

Dumont J. (1904). — *Cours de chimie agricole* enseigné à l'Ecole nationale d'Agriculture de Grignon.

Dusseau (M[lle]) A. (1930). — Sur la chlorophylle des feuilles de Blé. *C. R. Acad. Sc.*, T. 190, pp. 68-70.

DUSSEAU (Mlle) A. (1930). — Etude biométrique du grain de Blé. *Rev. Bot. appl.*, p. 215.

DUSSEAU (Mlle) A. (1931). — *Contribution à l'étude écologique du Blé. Les Blés d'Auvergne.* Valence-s-Rhône, 693 référ. bibliogr.

EIG A. (1919). — Monographisch-kritische Uebersicht der Gattung Aegilops. *Feddes Rep. Beih.*, LV, pp. 1-228, in WATKINS (1930).

ENGLEDOW F. L. (1920-23). — The inheritance of glume length and grain length in a wheat cross. *Journ. Gen.*, X, pp. 109-134 et XIII, pp. 79-100.

EVANS I. B. POLE (1911). — South African cereal rusts, with observations on the problem of breeding rust-resistant wheats. *Journ. Agric. Sc.* 4, in KAJANUS 1927.

ERHART H. (1925). — Contribution à l'étude des sols de Tunisie. *Ann. Serv. Bot. Tun.*, III-3, pp. 241-275.

FLAKSBERGER G. (1915). — *Determination of Wheats.* Pétrograd.

FLAKSBERGER G. (1925). — Wheat einkorn. *Bull. appl. Bot. Plant-breed.*, XIV, pp. 123-150. Leningrad.

FLAKSBERGER G. (1926a). — A contribution to the study of wild *monococcum* and *dicoccum* and their phylogenetic connection with one another and with cultivated varieties. *Id.* XIV, pp. 201-234.

FLAKSBERGER G. (1926b). — Liguleless *durum* wheats of the island Cyprus. *Id.* XVI, pp. 123-150.

FREEMAN G. F. (1917). — Linked quantitative characters in wheat crosses. *Amer. nat.* 51, in KAJANUS (1927).

GAINES E. F. (1917). — Inheritance in wheat, barley and oat hybrids. *Exp. Stat. Wash.*, Bull. 135.

GARBER R. J. and QUISENBERRY K. S. (1923). — Natural crossing in winter wheat. *Journ. amer. Soc. agr.* N° 12, pp. 508-512 in *Rev. intern. renseign. agric.* I, 1924.

GARNER and ALLARD G. A. (1920). — Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. *Journ. of agric. research.* XVIII, N° 11, pp. 555-606. Washington.

GESLIN H. (1931). — Etude climatologique du développement d'un Blé d'hiver (lois de croissance en fonction de la température), influence de l'éclairement. *Ann. agron.* sept.-oct., pp. 695-721.

GINESTOUS C. (1917). — *Les Pluies en Tunisie pendant la période* 1901-1925. Tunis.

GODRON D. A. (1855). — De la fécondation des *Aegilops* par les *Triticum*. *Mémoires de l'Académie Stanislas.* Nancy.

GODRON D. A. (1856). — *De l'Aegilops triticoïdes et de ses différentes formes.*

GORCZYNSKI L. (1925). — Sur le degré de continentalisme de la Tunisie et des Oasis sahariennes. *Ann. Serv. Botan. Tun.*, T. III-1, pp. 75-80. Tunis.

GORCZYNSKI L. (1928). — Quelques traits caractéristiques du climat solaire réel du littoral tunisien. D'après les enregistrements des pyrhéliographes thermo-électriques du Service Botanique de Tunisie, pendant les années 1924 à 1927. *Ann. Serv. Botan. Tun.*, T. V, pp. 193-222. Tunis.

GUYENOT E. (1930). — *La variation et l'évolution*, 2 vol. Paris.

GUYENOT E. (1931). — *L'hérédité*, 2e édit. Paris.

GHEDROIZ (1915). — Variabilité de la fertilité et de la productivité du sol sous l'influence des conditions naturelles et dans le cas de la conservation du sol dans un milieu à air sec. *in Bull. mens. renseign. agric.*, I, pp. 37-39.

HARRINGTON J. B. and SMITH W. K. (1929). — The inheritance of reaction to black stem rust of wheat in a *dicoccum* × *vulgare* cross. *Canad. Journ. Research.*

HAYES H. K. (1918). — Natural crossing in wheat. *Journ. Hered.* IX, pp. 326-330.

HAYES H. K. and ROBERTSON D. W. (1924). — The inheritance of grain color in wheat. *Journ. Amer. soc. agr.* 16, in KAJANUS (1927).

HAYES H. K., PARKER J. H. and KURGWEIL C. (1920). — Genetics of rust resistance in crosses of varieties of *Triticum vulgare* with varieties of *T. durum* and *T. dicoccum*. *Journ. agr. res.* XIX, pp. 281-330.

HEUSER W. (1931). — Effetto dei fattori meteorologici sulla struttura delle foglie, in AZZI 1931, pp. 211-216.

HOWARD A. and HOWARD G. L. C. (1910). — The economic significance of natural cross fertilisation in India. *Mem. Dep. agric. India, Bot.* III, pp. 281-330.

HOWARD A. and HOWARD G. L. C. (1912-15). — On the inheritance of some characters in wheat. *Mem. Dep. agric. India Bot.* III, series 5-7, in KAJANUS (1927).

HUSKINS C. L. (1928). — On the cytology of speltoid wheats in relation to their origin and genetic behaviour. *Journ. Gen.* XX, pp. 103-122.

IBN EL AWAM. — *Le livre de l'agriculture*. Traduct. J. J. CLÉMENT-MULLET. Paris 1864.

IVANOFF L. A. (1928). — La radiation solaire comme facteur écologique (en russe). *Bull. appl. Botan. Plant-breed.*, T. XVIII, pp. 345-366.

ISMAN L. (1926). — Du rôle respectif des engrais et de l'eau sur la culture du Blé en région semi-aride. *Rev. agric. et vitic. Afriq. Nord*, pp. 521-522.

JENKINS J. A. (1929). — Chromosome homologies in Wheat and Aegilops. *Amer. Journ. Bot.*, pp. 238-245.

KAGAWA F. (1928). — Cytological studies on *Triticum* and *Aegilops* II, *Jap. Journ. Bot.* IV, pp. 1-26, in THOMPSON (1931).

KAGAWA F. (1929). — A study on the phylogeny of some species in *Triticum* and *Aegilops*, based upon the comparison of chromosomes. *Journ. Coll. Agric. Imp. Univ. Tokyo*, X, pp. 173-228, in WATKINS (1930).

KAJANUS B. (1911). — Zur Genetik des Weizens. *Bot. Nat.*, in KAJANUS (1927).

KAJANUS B. (1913). — Ueber einen spontan entstandenen Weizenbastard. *Zeitschr. Pflanz.* 1, in KAJANUS (1927).

KAJANUS B. (1928a). — Kreuzungstudien an Winterweizen. *Bot. Nat.*, in KAJANUS (1927).

KAJANUS B. (1928b). — Ueber eine Kreuzung zwischen zwei Typen von Sommerweizen. *Bot. Nat.*, in KAJANUS (1927).

KAJANUS B. (1923a). — Ueber Aehrchenabstand und Aehrchenzahl bei Nachkommenschaften von Spelloid-Heterozygoten. *Hereditas* IV, pp. 10-16,

KAJANUS B. (1923b). — Genetische Untersuchungen an Weizen. *Biblioth. Gen.* 5, in KAJANUS (1927).

KAJANUS B. (1927). — Die Ergebnisse der genetischen Weizenforschung. *Bibliogr. gen.* III, pp. 141-244, 214 référ. bibliogr. Analysé p. J. POTTIER dans *Ann. Serv. Bot. Tun.*, T. VII (1931).

KHINTSHUK A. (1929). — La génétique de *Triticum Timopheevi* Zhuk. (en russe). *Bull. appl. Bot. Plant-breed.* XX, pp. 625-654.

KIESSLING L. (1914). — Erbanalytische Untersuchungen über die Spelzenfarbe des Weizens. *Landw. Jahrb.*, pp. 17-38, in WATKINS (1930).

KIHARA H. (1919). — Ueber cytologische Studien bei einigen Getreidearten I. *Bot. Mag. Tokyo*, XXXII, pp. 17-38, in WATKINS (1930).

KIHARA H. (1921). — Ueber cytologische Studien bei einigen Getreidearten III. *Ibid* XXXV, p. 19-44.

KIHARA H. (1924). — Cytologische und genetische Studien bei wichtigen Getreidearten mit besonderer Rücksicht auf das Verhalten der Chromosomen und die Sterilität in den Bastarden. *Mem. Coll. Sc. Kyoto Imp. Univ.* B. I, pp. 1-200, in WATKINS (1930).

KIHARA H. et NISHIYAMA I. (1928). — New aspects of chromosome behaviour in pollen mother cells of tri-tetra-and pentaploid wheat hybrids. *Bot. Mag. Tokyo*, XLII, pp. 221-231.

KÖRNICKE F. und WERNER H. (1885). — *Handbüch des Getreidebaues.* Berlin.

KOSSOVITCH (1903) in G. ANDRÉ. — Chimie du sol (1921), pp. 248.

LATHOUWERS V. (1920). — Variations speltoïdes dans des lignées pures de froment et dans une population d'Epeautre. *Bull. Soc. roy. bot. belge*, 53.

LATHOUWERS V. (1924a). — Variations speltoïdes apparues dans des lignées pures de froment et d'épeautre. *Congr. Assoc. franç. avanc. Sc.*, Liége.

LATHOUWERS V. (1924b). — Etude génétique de deux variations speltoïdes. *Bull. Soc. roy. bot. belge*, 57.

LEBEDEFF A. F. (1919). — Mouvement de l'eau dans le sol et le sous-sol (titre traduit), en russe. *Bull. Inst. agron. du Don.*

LEBEDEFF A. F. (1927). — *Die Bewegung des Wassers im Boden und im Untergrund.* Berlin.

LEBEDIANTZEFF (1924). — Sur la dessiccation des sols à l'air libre. *C. R. Acad. Sc.*, T. 178, pp. 793-5.

Modifications subies par la terre végétale séchée à l'air. *C. R. Acad. Sc.*, T. 178, pp. 960-63.

Accroissement de la fertilité par la dessiccation du sol à l'air dans les conditions naturelles. *Id.*, pp. 1091-2.

Sur la répartition de la fertilité dans la couche arable selon la profondeur, *ibid.*, pp. 1381-83.

LEIGHTY C. E. and SANDO W. J. (1927). — A tri-generic hybrid of *Aegilops*, *Triticum* and *Secale*. *Journ. Hered.* XVIII, pp. 433-442.

LEIGHTY C. E. and TAYLOR J. W. (1927). — Studies in natural hybridisation of wheat. *Journ. Agric. Res.* XXXV, pp. 867-887.

LEWICKI S. et DUTKIEWICZOWNA B. (1925). — Recherches sur les hybrides entre le Froment et l'Aegilops en Pologne. *Rev. intern. renseign. agric*, Rome, pp. 553-554.

LINDHARD E. (1922). — Zur Genetik des Weizens. *Hereditas*, III, pp. 1-90.
LINDHARD E. (1923). — Fortgesetzte Untersuchungen über Speltoidmutationen. *Hereditas*, IV, pp. 206-220.
LINDHARD E. (1927). — Ueber Aehrendichte und Spaltungsmodi der Speltoidheterozygoten. *Kong. Veter. og Land. Aarsskrift*, pp. 1-37, in WATKINS (1930).
LINDSTROM E. W. (1926). — Hereditary correlation of size and colour characters in tomatoes. *Agr. exp. St. Iowa St. Coll. agric. Bull.* XCIII, pp. 99-128, in WATKINS (1930).
LINDSTROM E. W. (1928). — Linkage of size, shape and colour genes in *Lycopersicum. Zeit. Ind. Abst. Vererb. supp.* II, pp. 1031-1057.
LOVE H. H. and CRAIG W. T. (1919). — The synthetic production of wild wheat forms. *Journ. Hered.* X.
MARTINIER A. (1928). — Note sur les assolements. *Tunisie agricole*, pp. 78.
MASLOVA (1927). — Variation de la couleur des épis de Blé dans les essais géographiques (1923-1927) (en russe). *Bull. appl. Botan. Plant-breed.* XXIV, 2, pp. 19-42.
MEISTER C. K. (1921). — Natural hybridization of wheat and rye in Russia. *Journ. Hered.* XII, pp. 467-470.
MELBURN M. C. and THOMPSON W. P. (1927). — The cytology of a tetraploid wheat hybrid. *Am. Journ. Bot.* 14, pp. 327-333, in WATKINS (1930).
MEUNISSIER A. (1918). — Expériences génétiques faites à Verrières. *Bull. Soc. nat. acclim. France.*
MICZYNSKI K. (1926). — Etudes génétiques sur le genre *Aegilops* L. *Acta Soc. bot. Polon.* IV suppl.
MICZYNSKI K. (1929). — Notes systématiques sur le genre *Aegilops*. *Bull. Soc. bot. France*, T. 76, pp. 713-719.
MICZYNSKI K. (1931). — Genetic studies on the genus *Aegilops* II. The morphology and cytology of the interspecific hybrids. *Bull. Acad. polon. Sc. et Let.*, pp. 51-83, 43 référ. bibliogr.
MIÈGE E. (1922). — *Etudes préliminaires sur les Blés durs marocains.* Rabat.
MIÈGE E. (1924[a]). — Sur quelques Blés du Soudan français et de la Mauritanie. *Rev. botan. appl.*, nov. et déc., pp. 713-724-818-829.
MIÈGE E. (1924[b]). — Les formes marocaines de *Triticum monococcum* L. *Bull. Soc. Sc. nat. Maroc*, IV, pp. 154-160.
MIÈGE E. (1930[a]). — *Contribution à l'étude morphologique des Blés. Etude de quelques caractères secondaires de l'épi.* Casablanca.
MIÈGE E. (1930[b]). — Contribution à l'étude de la classification des Blés. *C. R. Acad. agr. Fr.*, T. 16, pp. 1078-89.
MIÈGE E. (1930[c]). — A propos des Blés du Niger. *L'Afrique franç. Renseign. colon.*, pp. 381-384.
MIÈGE E. (1930[d]). — *Recherche sur la composition et la valeur industrielle des Blés marocains.* Rabat.
MIÈGE E. (1930[e]). — *Les principales variétés de Blés cultivées au Maroc.* Casablanca.
MIÈGE E. (1931). — *Nouveaux essais sur la valeur boulangère des Blés du Maroc. Récoltes* 1930. Rabat.
MINANGOIN N. (1908). — La culture des céréales en Tunisie. *Bull. Direct. agric. Tun.*, 1[er] trim.

Moliboga A. (1927). — Influence du dessèchement et de l'humidité du sol à diverses phases de la végétation sur la croissance et le rendement des céréales, in *Rev. intern. agr.*, 1927, pp. 1320-21.

Montlaur L. (1931). — Etalonnage de l'actinomètre de Bellani en calories. *Ann. Serv. botan. Tun.*, VII, pp. 213-216.

Mordecai E. — *Methods of correlation analysis.* London.

Moreau F. et Dusseau A. (1925). — Les lignées pédigrées vieillissent-elles ? *Bull. Soc. botan. France*, T. 72, pp. 163-167.

Munerati O. (1923). — Contribution à l'étude génétique de la betterave sucrière actuelle. *Congrès agric.* Paris.

Nakao M. (1911). — Cytological Studies of the nuclear division of the pollen mother cells of some cereals and their hybrids. *Journ. Coll. Agric. Sapporo, IV*, pp. 173-190.

Neethling J. H. (1918). — A preliminary note on dwarfs appearing in Gluyas Early (wheat) hybrids. *South Afric. Journ. Sc.*, 14, in Kajanus (1927).

Nilsson-Ehle H. (1909). — Kreuzungsuntersuchungen an Hafer und Weizen. *Acta Univ. Lund*, N. F., Afd 2, V, pp. 1-122, in Kajanus (1927).

Nilsson-Ehle H. (1911[a]). — Kreuzungsuntersuchugen an Hafer und Weizen. *Acta Univ. Lund*, N. F., VII, 6, pp. 1-82.

Nilsson-Ehle E. (1911[b]). — Ueber die Entstehung scharf abweichender Merkmale aus Kreuzung gleichartiger Formen bei Weizen. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 29, in Kajanus (1927).

Nilsson-Ehle H. (1915). — Gibt es erbliche Weizenrassen mit mehr oder weniger vollständiger Selbstbefruchtung ? *Ztschr. Pflanz.*, 3, pp. 1-6.

Nilsson-Ehle H. (1920). — Multiple allelomorphe und Komplexmutationen beim Weizen. *Hereditas* I, pp. 277-311.

Nilsson-Ehle H. (1921). — Ueber mutmassliche partielle Heterogamie bei den Speltoidmutationen des Weizens. *Hereditas* II, pp. 25-76.

Nilson-Ehle H. (1927). — Das Verhalten partieller Speltoidmutationen bei Kreuzung untereinander. *Hereditas* IX, pp. 369-379.

Orlov A. (1922). — The geographical centre of origine and the area of cultivation of durum wheat (*Tr. durum* Desf.). *Bull. appl. Botan. Plant-breed.*, XIII, pp. 369-459.

Percival J. (1921). — *The Wheat Plant.* London.

Percival J. (1926). — The morphology and cytology of some hybrids of *Aegilops ovata* L. × Wheat. *Journ. Gen.*, XVII, pp. 49-68.

Popova G. (1923). — Wild species of *Aegilops* and their mass hybridisation with wheat in Turkestan. *Bull. appl. Bot. Plant-breed.*, XIX, pp. 127-166.

Perrin O. (1930). — Observations sur l'avortement basal des épis de Blés. *Rev. agr. et vitic. Afr. Nord*, pp. 37-43.

Pouget et Chouchak (1913). — Contribution à l'étude de la nutrition azotée des végétaux. *Rev. agr. et vitic. Afr. Nord*, pp. 549-556.

Raunkiaer C. (1910). — Livsformernes Statistik soon Grundlag for biologisk Plantegeographie. *Bot. Tidsskrift*, XXIX, 1, Kopenhagen. Trad. allem. G. Tobler in *Beitr. Bot. Centr.* XXVII, N° 1.

RIMPAU W. (1891). — Kreuzungsprodukte landwirthschaftlicher Kulturpflanzen *Landw. Jahrb.* 20, in KAJANUS (1927).

RIVERA V. (1924). — Epidémies cryptogamiques et facteurs du milieu qui les déterminent. *Rev. intern. Renseign. agr.* II, pp. 639-645.

RIVERA V. (1928). — Speziesbildung mit Vervielfältigung von Chromosomen. *Verh. V. Kongr. Vererbungswissenschaft*, pp. 332-341. Berlin.

ROSENBERG O. (1927). — Die semiheterotypische Teilung und ihre Bedeutung für Entstehung verdoppelter Chromosomenzahlen. *Hereditas*, VIII, pp. 305-338.

ROUSSEAUX et BRIOUX (1909). — In *Cours de chimie agricole* à l'Ecole nationale d'agriculture de Grignon, par R. DUMONT.

RUSSEL E. J. (s. d.). — *Les conditions du sol et la croissance des plantes.* Trad. de la 4e édit. (1924), par G. MATISSE.

RYCHLINSKI J. P. (1925). — Sur la variabilité des précipitations sous l'influence des continents et son application à la Tunisie. *Ann. Serv. botan. Tun.*, III, 1, pp. 61-87.

SAKAMURA T. (1918). — Kurze Mitteilung über die Chromosomenzahlen und die Verwandtschaftsverhältnisse der *Triticum*-Arten. *Bot. Mag.* 32, in KAJANUS (1927).

SAUNDERS Ch. E. (1909). — The inheritance of « strength » in wheat. *Journ. agric. sc.* 3.

SAUNDERS Ch. E. (1911). — Production de Blés de haute valeur boulangère. *IVe Conf. intern. génét.* Paris.

SAUNDERS Ch. E. (1922). — Recherches sur le Blé, la farine et le pain. *Bull. Minis. fédér. agric.*, N° 97. Ottawa.

SAX K. (1918). — The behaviour of the chromosomes in fertilisation. *Genetics* III, pp. 309-327.

SAX K. (1921, 1922a et b). — Sterility in wheat hybrids. *Genetics*, VI, pp. 399-406, VII, pp. 513-552, VII, pp. 553-558.

SAX K. (1923). — The relation between chromosome number, morphological characters and rust resistance in segregates of partially sterile wheat hybrids. *Genetics*, VIII, pp. 301-321.

SAX K. (1928). — Chromosome behaviour in *Triticum* hybrids. *Zeit. Ind. Abstr. Vererb. Supp.*, II, pp. 1267-84.

SAX K. and SAX H. J. (1924). — Chromosome behaviour in a genus cross. *Genetics*, IX, pp. 454-464, in WATKINS (1930).

SCHARFETTER R. (1922). — Klimarhythmik, Vegetationsrhythmik und Formationsrhythmik. *Oester. botan. Zeitsch.*, in SCHARFETTER (1923).

SCHARFETTER R. (1923). — Phénologie et agriculture. *Rev. intern. renseign. agric.*, I, pp. 400-11.

SCHRIBAUX E. (1926-27). — Recherches sur la valeur boulangère des Blés français. Interprétation des résultats. *La Meunerie française*, Paris, et *C. R. Acad. Agric. France*, 1927.

SERINGE (1842). — Description et figures des céréales européennes. *Ann. des Sc. phys. natur. agric. et indust.*, Lyon.

SOLMS-LAUBACH H. (1905). — Die leitenden Gesichtspunkte einer allgemeinen Pflanzengeographie, in SCHARFETTER (1922).

SOULMAGNON H. — Recherches sur les chlorures apportés au sol par l'atmosphère. *Ann. Serv. botan. Tun.*, VII, pp. 163-174.

Steman W. J. (1902). — Exceptions to Mendel's laws. *Science*, 16.

Stoklasa J. (1926). — Principe pour déterminer la fertilité des sols. *Rev. intern. renseign. agric.*, pp. 619-629.

Taylor J. W. and Leighty C. E. (1931). — Inheritance in a « constant » hybrid between *Aegilops ovata* and *Triticum dicoccum*. *Journ. agric. res.*, 43, pp. 661-679.

Thompson W. P. (1925). — The correlation of characters in hybrids of *Triticum durum* and *Tr. vulgare*. *Genetics*, X, pp. 285-304.

Thompson W. P. (1926). — Chromosome behaviour in triploid wheat hybrids. *Journ. Gen.*, XVII, pp. 43-48.

Thompson W. P. and Cameron D. R. (1928). — Chromosome numbers in functioning germ cells of species-hybrids in wheat. *Genetics*, XIII, pp. 456-469.

Thompson W. P. and Hollingshead L. (1927). — Preponderance of *dicoccum*-like characters and chromosome numbers in hybrids between *Triticum dicoccum* and *Triticum vulgare*. *Journ. Gen.*, XVII, pp. 283-307.

Thompson W. P. (1930). — Cytology and genetics of crosses betwen fourteen-and seven-chromosome species of wheat. *Genetics*, XVI, pp. 309-323.

Thompson W. P. (1931). — Chromosome homologies in Wheat, Rye and Aegilops. *Canad. Journ. Res.*, IV, pp. 624-634, 27 référ. bibliogr.

Tochinai Y. and Kihara H. (1927).— Studies on the correlations between morphological characters, chromosome number and resistance to *Puccinia triticina* in pentaploid-bastards of wheat. *Journ. Coll. Agric. Hokkaido Imp. Univ.*, XVII, pp. 133-161, in Watkins, 1930.

Trouillet A. (1924). — Note sur un assolement quadriennal. Reprise dans *Tunisie agricole*, 1926, pp. 52-55.

Tschermak E. von (1914). — Die Verwertung der Bastardierung für phylogenetische Fragen in der Getreidegruppe. *Zeit. f. Pflanzenzücht.* II, pp. 291-312, in Watkins (1930).

Tschermak E. (1923). — Weizen. Bastardierung. In C. Fruwirth, *Handbuch der landwitschaftlichen Pflanzenzüchtung*. Berlin.

Tschermak E. und Bleier H. (1926). — Ueber fruchtbare Aegilops-Weizen-Bastarde. *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, XLIV, pp. 110-132.

Tschermak E. (1929). — Zur zytologischen Auffassung meiner Aegilotricum-bastarde und der Artbastarde überhaupt. Theorie der Chromosomen-addition oder Kernchimärie. *Deutsch. Botan. Gesel.*, XLVII, 263-261.

Vavilov N. I. (1914). — Immunity to fungous diseases as a physiological test in genetics and systematics, exemplified in cereals. *Journ. Gen.*, IV, pp. 49-66.

Vavilov N. I. (1922a). — A contribution to the classification of soft wheats-*Triticum vulgare* Will. *Bull. appl. Bot. Plant-breed.*, XIII, pp. 149-257.

Vavilov N. I. (1922b). — The law of homologous series in variation. *Journ. Gen.*, XII, pp. 47-90.

Vavilov N. I. et Jakushkina O. (1925). — A contribution to the phylogenesis of wheat and the inter-species hybridisation of wheats. *Bull. appl. Bot. Plant-breed.*, XV, pp. 1-159.

VAVILOV N. I. (1926). — Studies on the origin of cultivated plants. *Bull. appl. Bot. Plant-breed,* XVI, pp. 1-245.

VAVILOV N. I. (1927a). — Geographical regularities in the distribution of the genes of cultivated plants. *Bull. appl. Bot. Plant-breed.*, XVII, pp. 411-428.

VAVILOV N. I. (1927b). — Geographische Genzentren unserer Kulturpflanzen. *Verh. des V. intern. Kongr. für Vererb.*, pp. 342-69.

VAVILOV N. I. (1927c). — Essais géographiques sur la variabilité des plantes cultivées en U. R. S. S. (Russie). *Rapp. à l'Inst. intern. agric.*, 34 p. Rome.

VAVILOV N. I. (1931). — L'espèce linnéenne comme système (en russe). *Bull. appl. Bot. Plant-breed.*, XXVI-3, pp. 104-139.

VESTERGAARD H. A. B. (1921). — Beobachtungen vom Zuchtgarten. *Ztsch. Pflanz.*, 8, in KAJANUS (1927).

VILMORIN J. DE (1921). — Formes diverses sorties du Blé sauvage de Palestine. *Triticum dicoccoides* Körn. *Tr. hermonis* Cook. *Ass. franç. avanc. sc.* Rouen.

VILMORIN J. DE (1923). — *L'hérédité chez la Betterave cultivée.* Paris.

VILMORIN Ph. DE (1911a). — Fixité des races de froments. *4e Conf. intern. génét.*, pp. 312-314.

VILMORIN Ph. DE (1911b). — Sur des hybrides anciens de *Triticum* et d'*Aegilops*. *4e Conf. intern. génét.*, pp. 317-318.

VILMORIN Ph. DE (1913). — Sur une race de Blé nain infixable. *Journ. Gen.*, VII.

VINCENT C. (1917). — Les formes du phosphore dans les sols granitiques bretons. *C. R. Acad. Sc.*, T. 164, pp. 409-411.

VIVET E. (1928). — Les gelées tardives de printemps et les céréales. *Rev. agric. et vitic. Afr. Nord,* pp. 465-467.

VIVET E. (1919). — Action des gelées d'hiver et de printemps sur les Blés. *Rev. agric. et vitic. Afr. Nord,* pp. 365-366.

WALDRON L. R. (1924). — A study of dwarfness in wheat accompanied by unexpected ratios. *Genetics,* IX.

WATKINS A. E. (1924-25-27). — Genetic and cytological studies in wheat. *Journ. Gen.*, XIV, pp. 129-71, XV, pp. 323-366, XVIII, pp. 375-96, XIX, pp. 81-96.

WATKINS A. E. (1928). — The genetics of wheat species crosses. *Journ. Gen.*, XX, pp. 1-27.

WATKINS A. E. (1930). — The Wheat species : a Critique. *Journ. Gen.*, XXIII, pp. 171-263, 132 référ. bibliogr.

WATKINS A. E. and CORY F. M. (1931). — Genetic and cytological studies in wheat, V. *Journ. Gen.*, XXV, pp. 55-90.

WERNECK-WILLINGRAIN H. L. (1920). — Les possibilités de la phénologie appliquées à l'agriculture. *Rev. intern. renseign. agric.*, II, pp. 14-21.

WIMSHURST C. R. (1920). — A note on the wheats and barleys of Mesopotamia. *Agric. Directorate, Mesopot.*

WINGE O. (1917). — The chromosomes. Their numbers and general importance. *C. R. trav. Lab. Carlsberg,* XIII, pp. 131-275, in WATKINS (1930).

Winge O. (1924). — Zytologische Untersuchungen über Speltoide und andere mutantenähnliche Aberranten beim Weizen. *Hereditas*, V, pp. 243-286.

Widtsoe J. A. (1912). — *Le Dry-Farming* (trad. A. Bernard).

Yankovitch L. (1929). — Emploi des engrais azotés dans l'Afrique du Nord. ***Ann. Serv. botan. Tun.***, VI, pp. 119-162.

Yankovitch L. (1929). — Les terres du Service Botanique. *Ann. Serv. botan. Tun.*, pp. 107-118.

Yankovitch L. et Matweeff M. (1931). — Influence des facteurs climatériques et des engrais sur la teneur des Blés tunisiens en matières azotées et leur valeur boulangère. *Ann. Serv. Botan. Tun.*, VII, pp. 55-72.

Zade A. (1914). — Serologische Studien an Leguminosen und Gramineen. *Zeit. Pflanzenzücht.* II, pp. 105-151.

Zhukovsky P. M. (1923). — Persian wheat. *Triticum persicum* Vav. in Transcausasia. *Bull. appl. Plant-breed.*, XIII, pp. 45-55.

Zhukovsky P. M. (1928[a]). — A critical-systematical survey of the species of the genus *Aegilops* L. *Bull. appl. Bot. Plant-breed.*, XVIII-1, pp. 417-583 (en russe), résumé anglais, pp. 584-609.

Zhukovsky P. M. (1928[b]). — Une nouvelle espèce de Blé. *Triticum Timopheevi* Zhuk. (en russe). *Bull. appl. Bot. Plant-breed.*, XIX, pp. 59-66.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

INTRODUCTION 1

Ire PARTIE : LA PLANTE

I. SYSTÉMATIQUE. CENTRES DE DIVERSITÉ ET D'ORIGINE. DESCRIPTION DES BLÉS CULTIVÉS EN TUNISIE 1

A. *Généralités* 2

B. *Systématique* 4

1. Affinités du genre *Triticum* 4
2. Espèces et groupes d'espèces 5
3. Variétés botaniques. Races 16

C. *Centres de diversité et d'origine* 17

4. Diversité des Blés durs. Centre d'origine 18
5. Dispersion des Blés tendres 22

D. *Blés cultivés en Tunisie* 23

6. Espèces. Variétés. Lignées 23
7. Blés durs 25
8. Blés tendres 50

II. GÉNÉTIQUE. AMÉLIORATION DES BLÉS EN TUNISIE 69

A. *Lignées pures. Sélection* 70

1. Notion de lignée pure. Méthode d'isolement 70
2. Comportement d'une lignée pure 79
3. Inefficacité de la sélection appliquée aux lignées pures 81

B. *Hybrides* 88

4. Fécondation naturelle 88
5. Hybridations intraspécifiques 92
6. Hybridations interspécifiques dans le même groupe 118
7. Hybridations interspécifiques entre groupes différents 123
8. Hybridations intergénétiques 134

C. *Phylogénie. Origine* 138

D. *Notion d'espèce linnéenne, de groupe d'espèces, de race* 141

E. *Amélioration des Blés en Tunisie* 145

9. Méthodes d'amélioration 145

Pages

10. Amélioration des Blés durs 156
11. Amélioration des Blés tendres 159
12. Adaptation régionale 163
13. Avantages de la culture des variétés pures 164

III. Morphologie et Physiologie 169

A. *Développement normal du Blé* 169

1. Périodes critiques 170
2. Germination 171
3. Tallage 176
4. Développement des tiges feuillées 180
5. Formation des épis. Epiage 182
6. Floraison. Fécondation 186
7. Développement du grain. Maturation 189
8. Développement général (variation du poids sec) 197
9. Besoins du Blé en eau 199
10. Besoins du Blé en aliments minéraux 200

B. *Accidents pendant la végétation du Blé* 203

11. Verse 204
12. Gel 209
13. Avortement des épillets 213
14. Echaudage 214
15. Mitadinage 218
16. Egrenage 220

2e Partie : LE MILIEU PHYSICO-CHIMIQUE

IV. Conditions naturelles de la production du Blé 221

A. *Climat* 222

1. Facteurs déterminants du climat 222
2. Pluies 224

B. *Sol* 237

3. Mécanisme bio-physico-chimique de la formation du sol agricole 237
4. Caractères particuliers des sols arides 245
5. Aptitude des sols à la culture du Blé 247

C. *Relations entre le sol et l'eau* 249

6. Etats de l'eau dans le sol 250
7. Equilibre de l'eau dans le sol 253
8. Mouvement de l'eau liquide dans le sol 257
9. Humidité relative de l'atmosphère souterraine 258

Pages

10. Condensation, dans le sol superficiel, de la vapeur d'eau atmosphérique 259
11. Mouvement de la vapeur d'eau dans le sol et le sous-sol.... 260
12. Formation des nappes d'eau souterraines..... 268

V. Phénologie et Ecologie du Blé 271

A. *Les problèmes phénologique et écologique* 272

1. Productivité et rendement 272
2. Rythme climatique et rythme de développement 273
3. Facteurs écologiques. Leur mesure 276

B. *Action des facteurs écologiques sur le Blé* 279

1. Variabilité morphologique 279
2. Variabilité physiologique et chimique 282
3. Variabilité de la résistance aux parasites 289

C. *Action des facteurs écologiques sur le rendement du Blé* 291

1. Rendement quantitatif 292
2. Rendement qualitatif 299

VI. Méthodes de culture 307

A. *Assolements* 308

1. Méthode indigène 308
2. Assolement biennal 309
3. Assolement triennal 315
4. Culture en bandes espacées 317

B. *Préparation du sol* 318

5. But 318
6. Eléments constitutifs du sol en place 319
7. Constitution de l'approvisionnement du sol en eau 321
8. Conservation de l'eau dans le sol 324
9. Préparation de la sole destinée au Blé 330

C. *Fertilisation du sol. Engrais* 338

10. Conditions de fertilité. Effets des façons culturales 338
11. Approvisionnement naturel du sol. Origine, forme et cycle des substances alimentaires 347
12. Détermination des besoins du sol en substances assimilables 358
13. Appauvrissement du sol par les récoltes 362
14. Engrais 364

D. *Travaux de semailles* 374

15. Choix des semences 374
16. Densité du semis 376

Pages

17. Modes d'exécution des semailles..... 380
18. Époque des semailles..... 384
19. Travaux complémentaires des semailles..... 386

E. *Travaux d'entretien*..... 386

F. *Travaux de récolte*..... 389

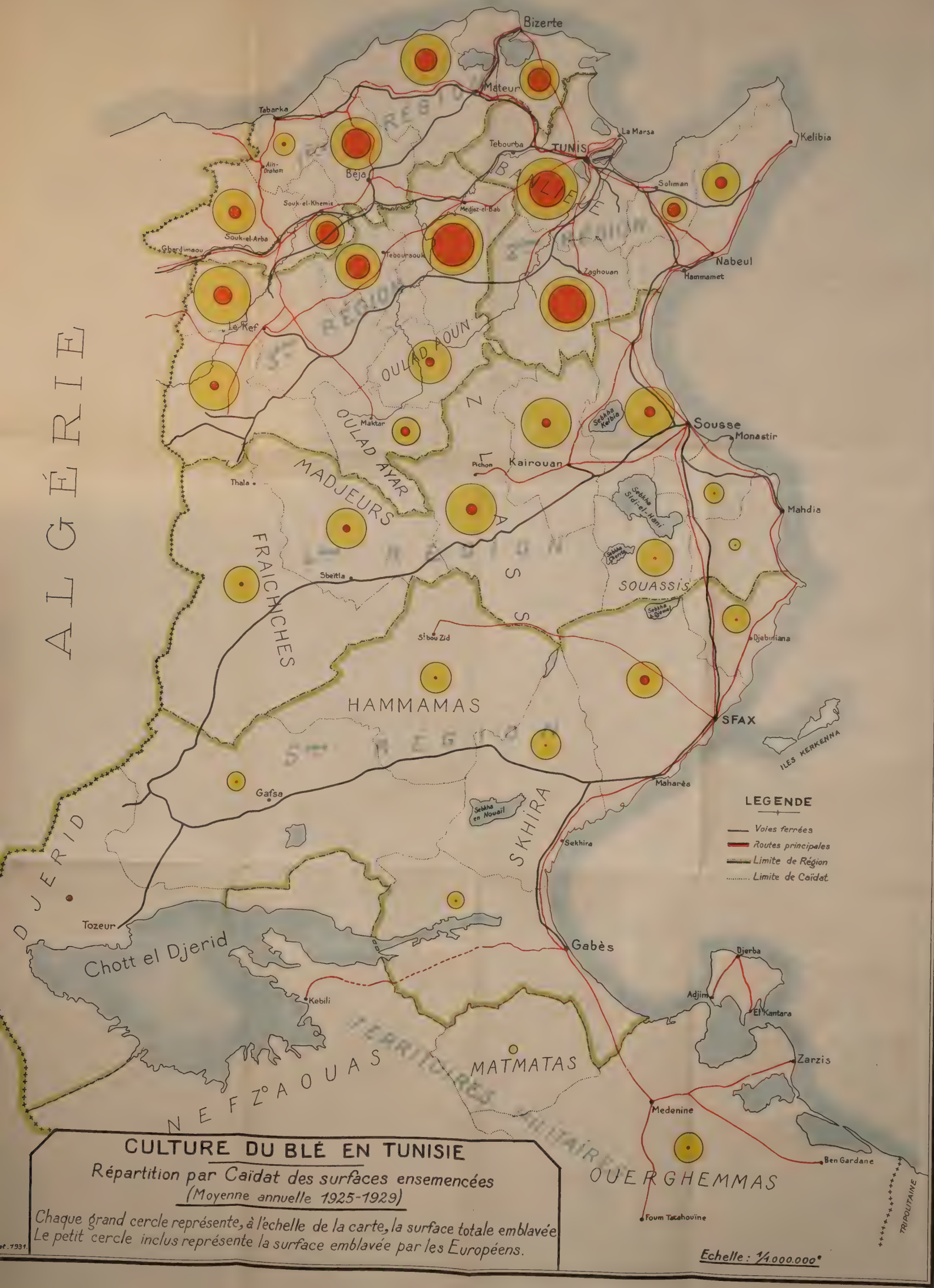
VII. Statistique de la culture du Blé. Place du Blé dans l'ensemble des productions végétales..... 393

1. Vue d'ensemble sur les productions végétales de la Tunisie. 393
2. Répartition régionale des surfaces occupées par les diverses cultures..... 395
3. Répartition des surfaces occupées par chaque culture dans les diverses régions..... 399
4. Fluctuations dans les surfaces ensemencées en Blé et en Orge. Répartition entre les agriculteurs européens et indigènes..... 401
5. Surfaces cultivées en Blé dur et en Blé tendre. Leur progression..... 403
6. Défrichements..... 407
7. Traduction en quintaux de Blé dur et de Blé tendre..... 409
8. Rendement en Blé dur et Blé tendre..... 411
9. Principaux pays producteurs de Blé..... 415

Résumé et conclusions..... 419

Bibliographie..... 437

Table des matières..... 451



CULTURE DU BLÉ EN TUNISIE

Répartition par Caïdat des surfaces ensemencées

(Moyenne annuelle 1925-1929)

Chaque grand cercle représente, à l'échelle de la carte, la surface totale emblavée
Le petit cercle inclus représente la surface emblavée par les Européens.

Echelle : 1/1.000.000e

IMPRIMERIE RAPIDE
5, RUE SAINT-CHARLES
TUNIS